D I G I T A L E R
A N H A N G

HOCHSCHULE KONSTANZ
TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG

Ausgewählte Kapitel der Bauphysik

Studienarbeit

„Thermografie der Wessenberg - Schule Konstanz“

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Stürmer

Prof. Dr. Bernd Jödicke

Fakultät Bauingenieurwesen (MBI)

Wintersemester 2015 / 2016

verfasst von

Niklas Fesenmeyer	287242
Oliver Schweizer	286444
Manuel Queitzsch	286440
Julia Kattner	286486
Monika Rheiner	286494
Kristina Ihlow	286511

Inhalt

1. Aufgabenstellung

In der Bauphysik Vorlesung von Frau Prof. Dr.-Ing. Stürmer, welche im zweiten Semester des Bachelorstudiums Bauingenieurwesen stattfand, wurden unter anderem die Themen Baustoffkenngrößen, Dämmstoffe, Brandschutz, Feuchteschutz und Wärmeschutz vorgestellt. Weitergehend wurden die Grundlagen des Wärmeschutzes und die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) behandelt. In der Baubetrieb- Vertiefungsrichtung wurde durch die Vorlesung Bauerhaltung und Sanierung im sechsten Semester mehr auf die Möglichkeiten im Umgang dieser Aspekte bei bereits bestehenden Bauwerken eingegangen.

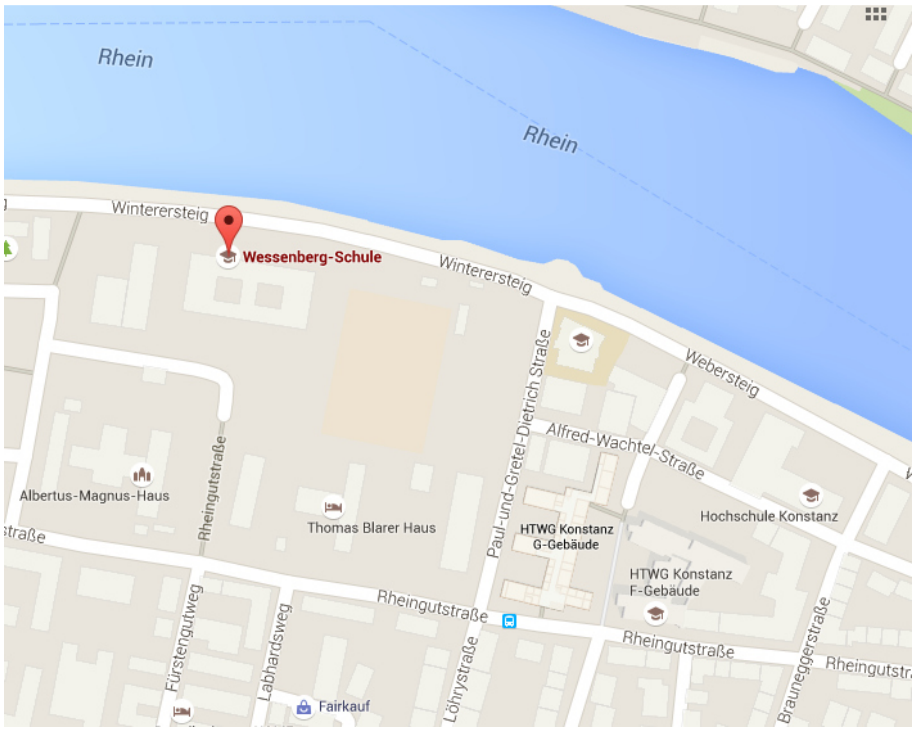
In der Vorlesung Ausgewählte Kapitel der Bauphysik, im Masterstudium Bauingenieurwesen, wurde speziell der Wärmeschutz vertieft behandelt. Hierzu wurde die Thermografie vorgestellt, die es ermöglicht fundierte energetische Erkenntnisse über ein Gebäude zu erlangen.

Im Rahmen der vorliegenden Studienarbeit wurde die Wessenberg - Schule in Konstanz untersucht. Ziel dieser Studienarbeit ist es gezielte Punkte an dem Gebäude mittels Infrarot Thermografie-Gerät sowie Temperaturenergetisch zu bewerten. Anschließend werden die Messergebnisse interpretiert und in Form eines Maßnahmenkatalogs Sanierungsmöglichkeiten dargestellt.

2. Objektbeschreibung

2.1. Geografische Lage

Das zu untersuchende Gebäude befindet sich im Winterersteig 5-7 in 78462 Konstanz. Konstanz liegt 405 Meter über Normalhöhennull (NHN).



2.2. Klimatische Bedingungen

Nach DIN-Norm 4108-3 befindet sich Konstanz in Beanspruchungsgruppe II. Somit handelt es sich um eine mittlere Schlagregenbeanspruchung. In der Regel gilt diese Beanspruchungsgruppe für Gebiete mit Jahresniederschlagsmengen von 600 mm bis 800 mm oder für windgeschützte Lagen auch in Gebieten mit größeren Niederschlagsmengen sowie für Hochhäuser oder für Häuser in exponierter Lage in Gebieten, die aufgrund der regionalen Regen- und Windverhältnisse einer geringen Schlagregenbeanspruchung zuzuordnen wären.

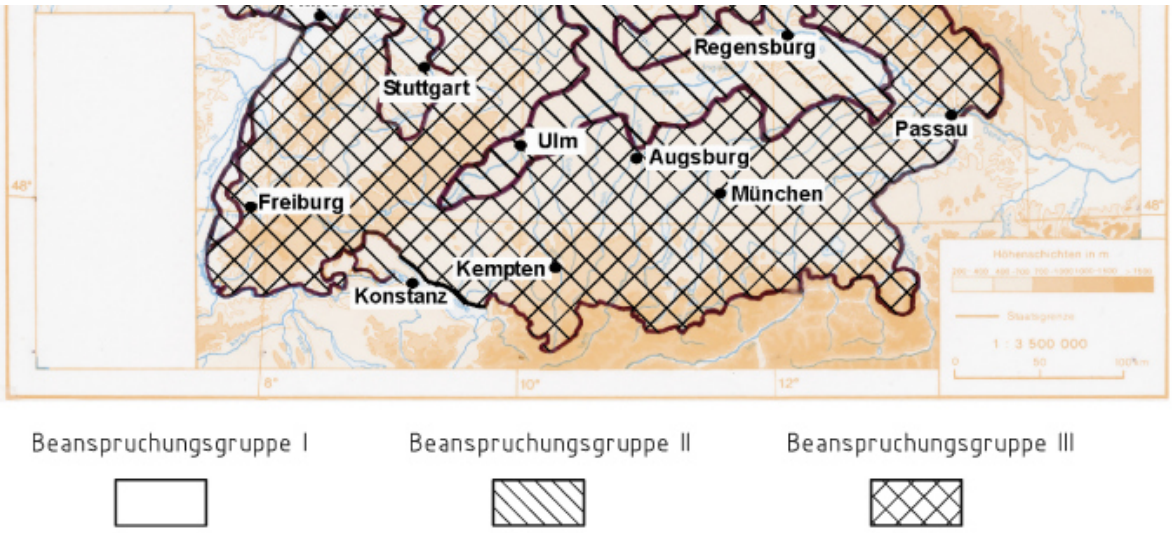


Abbildung 1 Übersichtskarte zur Schlagregenbeanspruchung in der Bundesrepublik Deutschland (DIN 4108-3, 2014)

Konstanz liegt in der Windzone 1 nach DIN 1055-4

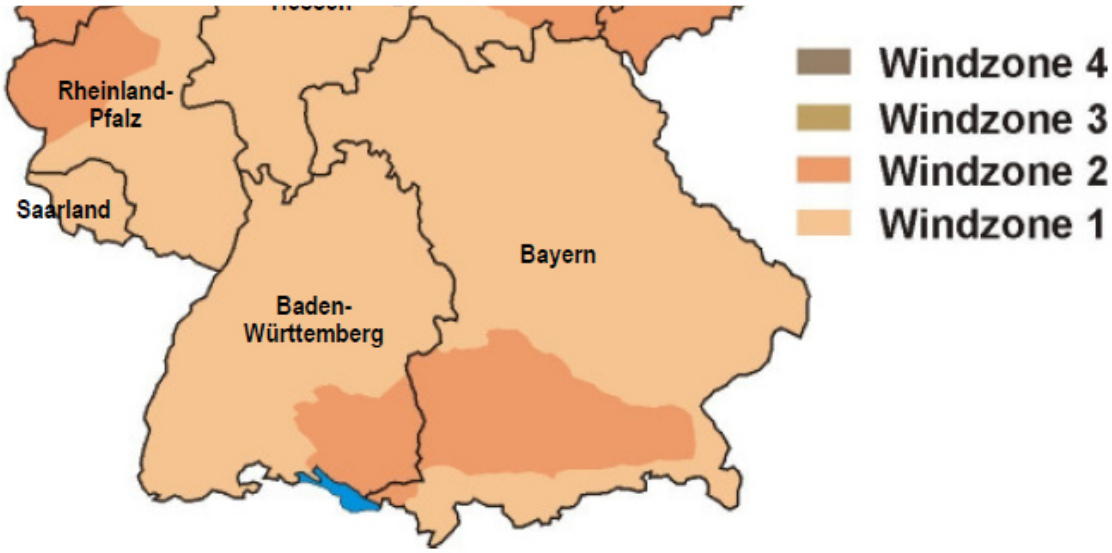


Abbildung 2 Übersichtskarte Windzonen

Konstanz ist in die Schneelastzone 1 eingestuft und somit in der niedrigsten Zone.

Abbildung 3 Übersichtskarte Schneelastzonen

Sommer-Klimaregion C

In der Sommer-Klimaregion befindet sich Konstanz in Kategorie C, was einem "Sommerheißen" Gebiet mit höchsten Monatsmitteltemperaturen ≥ 18°C entspricht.

In der Zeit der Messungen (Anfang Dezember) waren die Höchsttemperaturen ca. 5°C und die nächtlichen Tiefsttemperaturen zwischen +2°C und -2°C.

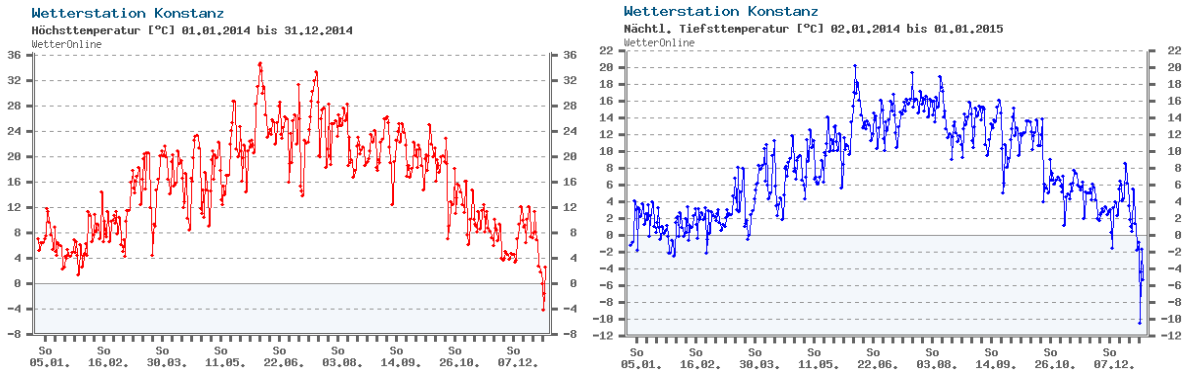


Abbildung 4 Höchsttemperaturen und nächtliche Tiefsttemperaturen in Konstanz

Die größten Niederschlagsmengen waren Ende Juni und Anfang November mit 28 bzw. 27 mm. Zum Zeitpunkt der Messungen gab es kaum Niederschläge.

Die meisten Sonnenstunden pro Tag wurden im Zeitraum von Mitte Mai bis Mitte Juli mit bis zu über 14 Stunden gemessen.

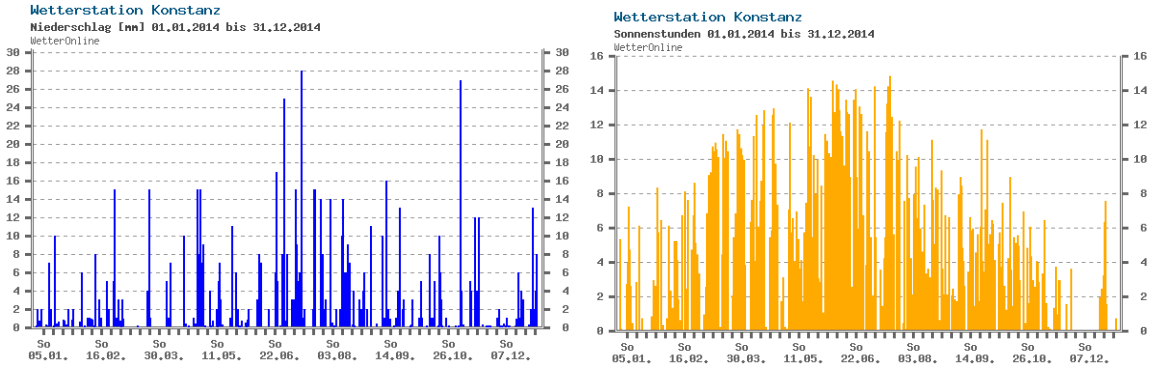


Abbildung 5 Niederschlag und Sonnenstunden in Konstanz

Die relative Feuchte schwankte 2014 zwischen 40 und 100 Prozent. Die meiste relative Feuchte gab es zu Beginn und Ende des Jahres.

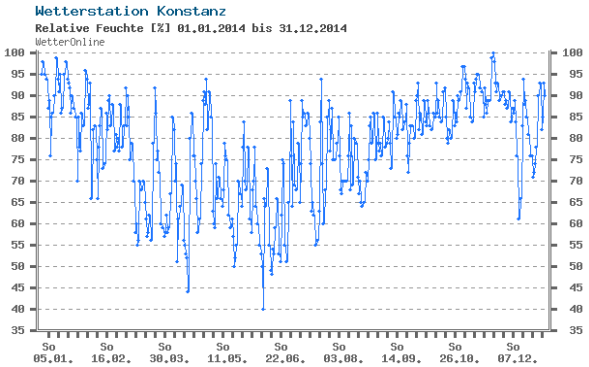


Abbildung 6 Relative Feuchte in Konstanz

Somit lässt sich sagen, dass die Wind- und Schneezone in Konstanz keine entscheidende Rolle spielt. Wohingegen die Schlagregenzone und die Sommer-Klimaregion einen größeren Einfluss haben.

2.3. Gebäudebeschreibung

Das Gebäude wurde von 1966 bis 1968 gebaut.

Das Gelände liegt südlich des Rheinufers. Im Süden grenzt das Grundstück an die Flächen der Studentenwohnheime Albertus-Magnus-Haus, Jan-Hus-Haus und Thomas-Blarer-Haus, im Westen an das Grundstück des Naturfreundevereins und im Osten an die Flächen, die zurzeit für die Erweiterung des Gebäudebestands der Fachhochschule vorbereitet werden.

Bei dem Schulgebäude handelt es sich um ein dreistöckiges, quaderförmiges Bauwerk mit einem Flachdach. In der Mitte des Quaders befinden sich zwei Atrien, durch die Licht in die innen liegenden Räume gelangt. Die beiden Obergeschosse sind nahezu identisch und sitzen auf dem leicht nach innen versetzten Erdgeschoss auf. Das Erdgeschoss öffnet sich nach Süden zu symmetrisch angelegten großen Innenhöfen. Wegen seiner architektonischen Bedeutung befindet sich das Gebäude unter Denkmalschutz.

Im Erdgeschoss gibt es viele geschosshohe Fensterelemente zwischen denen sich Sichtbetonstützen befinden. In den Obergeschossen hingegen befinden sich abwechselnd helles Klinkermauerwerk und große Fassadenelementen.

Die Klassenzimmer sind innen in den Bereichen des Klinkermauerwerks (36 cm) verputzt.

Der Wandaufbau im Bereich der Brüstungen unterteilt sich in eine innenliegende Dämmplatte (4 cm), ein Blech, eine weiter Dämmplatte (4 cm) und außen eine dünne Fassadenbeblechung.

3. Thermografie

3.1 Verfahren

Die Infrarotthermografie ist ein berührungsloses Messverfahren zur Bestimmung der Temperaturverteilung an Bauteiloberflächen. Hierbei wird mithilfe des richtigen Messinstruments die von jedem Körper ausgestrahlten Wellen aufgenommen und sichtbar gemacht. Die Ausgabe dieser Informationen erfolgt üblicherweise als Wärmebild oder Thermogramm. Die Farbzuordnung kann individuell gewählt werden, im Regelfall ist dies aber so, dass hellere Farben (gelb bzw. rot) einer höheren und dunklere Farben (grün, blau) einer geringeren Oberflächentemperatur entsprechen.

Das Verfahren kann nur dann erfolgen, wenn infolge eines Temperaturunterschieds ein zeitlich möglichst konstanter Wärmestrom fließt. Infolge der auftretenden Unterschiede der Oberflächentemperaturen und dem Einsatz geeigneter Thermografie-Kameras, können diese Differenzen erfasst werden. Die Temperaturdifferenz zwischen Außen und Innen sollte mindestens 15 K betragen. Desto höher die Differenz, desto eindeutiger können die Ergebnisse ausfallen. Des Weiteren sind die Messungen spät abends oder früh morgens anzusetzen. Trockene Witterung und geringer Wind sind Faktoren für aussagekräftige Ergebnisse. Die Innenräume sollten gleichmäßig temperiert sein und eine eventuelle vorhandene automatische Nachtabsenkung der Heizung muss für den Zeitraum der Messung außer Betrieb genommen werden. (Döppner, 2009)

3.2 Thermografie-Gerät

Die Thermografieaufnahmen erfolgten mit dem „testo 890“. Dies ist eine handliche, robuste Wärmebildkamera welche eine berührungslose Ermittlung und Darstellung der Temperaturverteilung von Oberflächen ermöglicht.

Typische Anwendungsgebiete sind:

- Gebäudeinspektion: Energetische Beurteilung von Gebäuden, Inspektion von Heizungs-, Lüftungs-und Klimaanlagen;
- Vorbeugende Wartung (Instandhaltung): Mechanische und elektrische Inspektion von Anlagen, Maschinen und Energieverteilungssystemen;
- Produktionsüberwachung (Qualitätssicherung): Überwachung von Fertigungsprozessen;
- Professionelle Energieberatung, Leckageortung;
- Überprüfung von Photovoltaikmodulen. (testo, 2014)

Die Kamera besteht aus folgenden Komponenten:

1 Objektiv Digitalkamera zum Aufnehmen visueller Bilder und zwei Power-LEDs zum Ausleuchten des Bilds.

2 Objektiv Infrarotkamera zum Aufnehmen von Thermografie-Bildern.

3 Objektivverriegelung zum Lösen der Objektivverriegelung.

4 Gewinde (1/4“ – 20UNC) zum Befestigen eines Stativs (Kameraunterseite).

5 Laser zum Markieren des Messobjekts.

6 Fokussierring zum manuellen Schafstellen.

7 Drehbarer Handgriff mit verstellbarer Handschlaufe und Befestigungsschlaufe für den Objektivdeckel.

8 Akkufach (Kameraunterseite).

9 Bedientasten (Kamerarückseite und –oberseite).

10 Zwei Befestigungsösen für Trage- / Schultergurt.

11 Schnittstellen-Terminals.

12 Display, 90° klapp- und 270° drehbar

4. Messungen und Interpretation

4.1 Thermografie außen

4.1.1 Randbedingungen der Messungen im Außenbereich

Uhrzeit: 6.00 Uhr – 7.30 Uhr

Wetter: ca. 4°C Lufttemperatur, kein Wind

Sonstiges: ganznächtlich geschlossene Wolkendecke

Nebel (Sichtweite ca. 200 – 250m >> größte Messdistanz)

Kein Niederschlag

4.1.2 Aufnahmen

Zuerst wurden die Außenbereiche aufgenommen, da ansonsten die Messergebnisse durch die Sonneneinstrahlung verfälscht werden könnten. Alle Fassadenseiten des Gebäudes wurden aufgenommen. Inclusive einer Innenhoffassade.

Besondere Beachtung wurde dabei dem Rucksackzimmer gewidmet, da diese Räume aus der restlichen Fassade herauskragen. Ebenfalls wurde die Untersicht der überstehenden Deckenplatte aufgenommen.

Des Weiteren wurden die Deckenuntersicht im Eingangsbereich und die Stützenanschlüsse thermografiert. Aus dem Schnitt des Gebäudes war ersichtlich, dass das darüber liegende Zimmer Hohlräume in dem Bodenaufbau aufweisen. Durch die Untersichtaufnahmen sollte die dämmende Wirkung des Hohlraums überprüft werden. Im Übergangsbereich zum beheizten Raum, wurde thermografiert, um die Anschlüsse zu untersuchen.

Die genauen Aufnahmestellen sind im Anhang beigefügt.

4.2 Thermografie innen

4.2.1 Randbedingungen der Messungen im Innenbereich

Uhrzeit: 7.30 Uhr – 10.00 Uhr

Temperatur: je nach Raum (von ca. 17°C - ca. 22°C)

4.2.2 Aufnahmen

Bei den Innenaufnahmen wurden diverse Räume ausgewählt, die möglichst repräsentativ für das gesamte Gebäude fungieren. Dies waren ein Zimmer direkt über dem Eingangsbereich, zwei Eckzimmer, ein Rucksackzimmer und der darunterliegende Raum, weiterhin die Toilettenräume.

Aufgrund durchlaufender Stahlträger aus dem Innenbereich zu den Innenhöfen, wurde der Materialwechsel in der Decke aufgenommen.

Außerdem wurden in jeder Etage auch Aufnahmen von den Fenstern gemacht, um festzustellen ob es deutliche Unterschiede von verschiedenen Fenstern und deren Rahmen gibt.

Die genauen Aufnahmestellen sind im Anhang beigefügt.

5. Weiterführende Untersuchungen

5.1 Mindestwärme- und Feuchteschutz mit COND

Im COND-Verfahren werden die kapillarwirksamen Eigenschaften der Baustoffe mit berücksichtigt und vom Kondensationsbereich wegführende Flüssigtransportprozesse dargestellt. Das traditionelle Berechnungsverfahren nach Glaser (DIN 4108-3, 2001) geht davon aus, dass anfallendes Kondensat zwischen den Schichten entsteht und dort gespeichert bleibt.

Dieses Verfahren führt zu meist geringeren erwartenden Kondensatmengen als im Glaserverfahren, welches diese gerade bei Innendämmsystemen oft stark überschätzt. Das Programm COND führt zusätzlich den Nachweis des Mindestwärmeschutze (DIN 4108-2, 2001).

5.2 Durchgeführte Berechnungen

Konstruktionsaufbau und Materialparameter Fassadenplatte

	Material	d [mm]	[W/mK]	μ [---]	w_{80} [m^3/m^3]	w_{sat} [m^3/m^3]	A_W [$kg/m^2s^{½}$]
1	Polyurethanschaum	40	0,0310	65,0	0,002	0,945	0,0001
2	Aluminium Blech	1	47	2E05	0,000	0,000	0,0000
3	Polyurethanschaum	40	0,0310	65,0	0,002	0,945	0,0001
4	Aluminium Blech	1	47	2E05	0,000	0,000	0,0000

d = Schichtdicke; = Wärmeleitfähigkeit; μ = Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl; w_{80}/w_{sat} = Feuchtegehalt bei 80% rel. Luftfeuchte bzw. bei Sättigung; A_w - Wasseraufnahmekoeffizient

Klimadaten

Winterklima			
Klima auf der Innenseite		**Klima an der rechten Seite**	
Temperatur	20,0 °C	Temperatur	3,0 °C
Relative Luftfeuchte	40,0 %	Relative Luftfeuchte	94,0 %

Dauer der Kondensationsperiode (Winter): 60 Tage

Sommerklima			
Klima auf der Innenseite		**Klima an der rechten Seite**	
Temperatur	20,0 °C	Temperatur	25,0 °C
Relative Luftfeuchte	60,0 %	Relative Luftfeuchte	70,0 %

Dauer der Trocknungsperiode (Sommer): 90 Tage

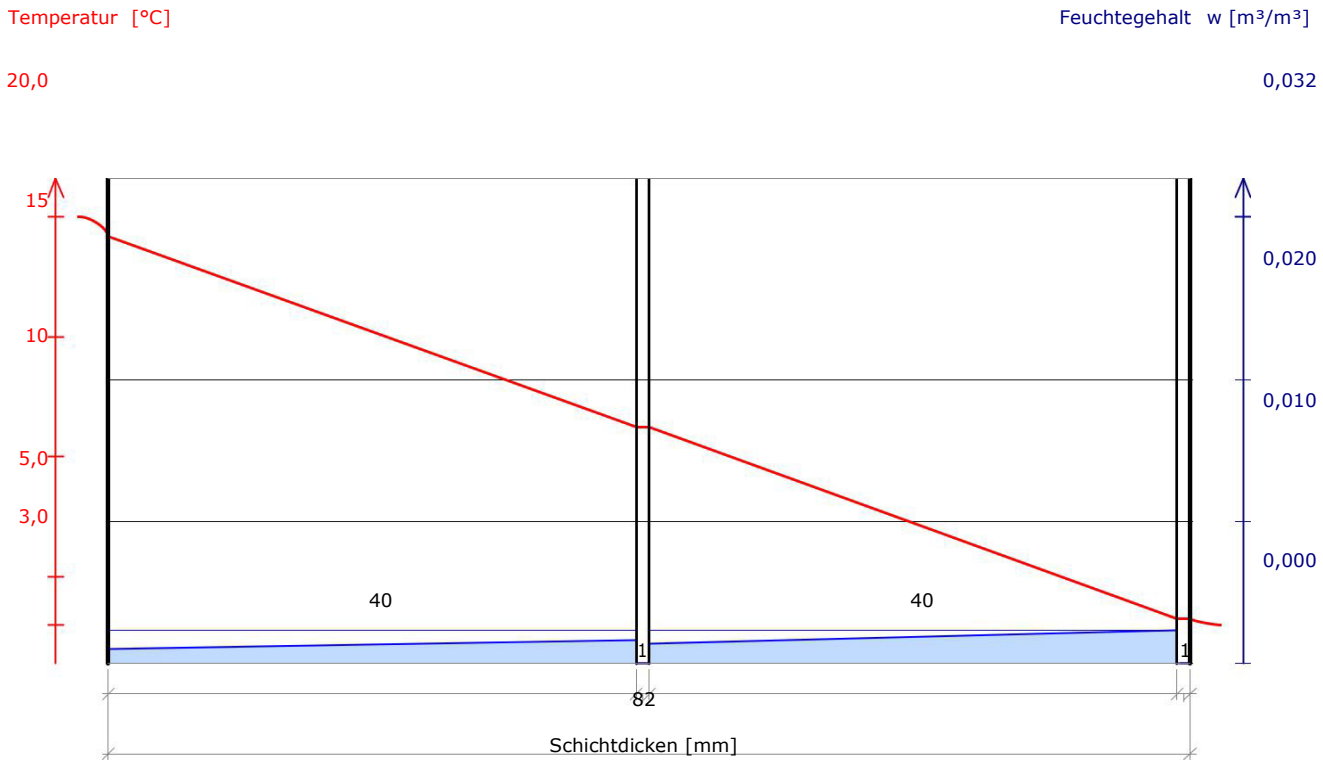
Temperaturen, Dampfdrücke und Feuchtegehalte

	Schicht/Material	[°C]	P_{sat} [Pa]	P [Pa]	w [m^3/m^3]	d_c [mm]	M_c [kg/m^2]
	Luftschicht (Innenseite)	20,0	2338	935			
		19,2	2225	935			
1	Polyurethanschaum				0,001		
					0,002		
		11,2	1333	933			
2	Aluminium Blech				0,000		
					0,000		
		11,2	1333	774			
3	Polyurethanschaum				0,001		
					0,032	0,0	0,00
		3,2	**772**	**772**			
4	Aluminium Blech				**0,000**	0,3	0,00
					0,000		
		3,2	772	713			
	Luftschicht (Außenseite)	3,0	758	713			

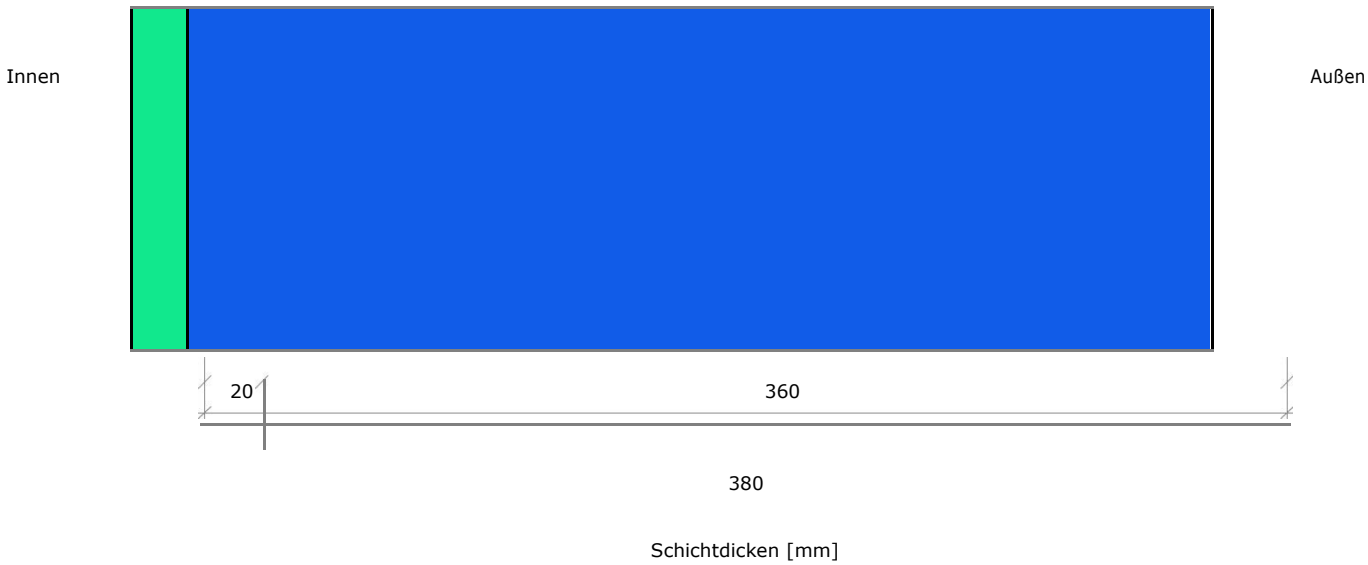
Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion (feuchteabhängig)	U =	0,364	W/(m²K)
Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion (trocken)	U =	0,364	W/(m²K)
Wärmedurchlasswiderstand der Konstruktion	R =	2,581	m²K/W
Kondensatmasse am Ende der Kondensationsperiode (nach COND)	M_C =	0,000	kg/m²
Trocknungszeit	t_{ev} =	0,00	d
DIN 4108-2 Tab. 3,1+11 (Wärmedurchlasswiderstand) R >= 1,2 m²K/W		**Anforderung erfüllt**	
DIN 4108-3 4.2.1.c (wasseraufnahmefähig) M_C <= 1,0 kg/m²		**Anforderung erfüllt**	
Trocknungsdauer im Sommer t_{ev} < 90d		**Anforderung erfüllt**	

Temperatur und Feuchteprofil



Konstruktionsskizze Klinkeraufbau



Konstruktionsaufbau und Materialparameter

	Material	d [mm]	[W/mK]	μ [---]	w_{80} [m^3/m^3]	w_{sat} [m^3/m^3]	A_w [$kg/m^2s^{½}$]
1	Kalkputz	20	0,7400	15,0	0,020	0,280	0,0450
2	Altbauklinker	360	1,0450	41,0	0,010	0,241	0,0168

Klimadaten

Winterklima

Klima auf der Innenseite		Klima an der rechten Seite	
Temperatur	20,0 °C	Temperatur	3,0 °C
Relative Luftfeuchte	40,0 %	Relative Luftfeuchte	94,0 %

Dauer der Kondensationsperiode (Winter): 60 Tage

Sommerklima

Klima auf der Innenseite		Klima an der rechten Seite	
Temperatur	20,0 °C	Temperatur	25,0 °C
Relative Luftfeuchte	60,0 %	Relative Luftfeuchte	70,0 %

Dauer der Trocknungsperiode (Sommer): 90 Tage

Temperaturen, Dampfdrücke und Feuchtegehalte

	Schicht/Material	[°C]	P_{sat} [Pa]	P [Pa]	w [m^3/m^3]	d_c [mm]	M_c [kg/m^2]
	Luftschicht (Innenseite)	20,0	2338	935			
		15,9	1810	935			
1	Kalkputz						
		15,1	1714	931			
2	Altbauklinker						
		4,3	829	713			
	Luftschicht (Außenseite)	3,0	758	713			

- Temperatur; p_{sat} - Sättigungsdampfdruck; p - Dampfdruck; w - Tauwassermenge; $_dc$ - Breite der durchfeuchteten Schicht; $_Mc$ - Feuchtemasse

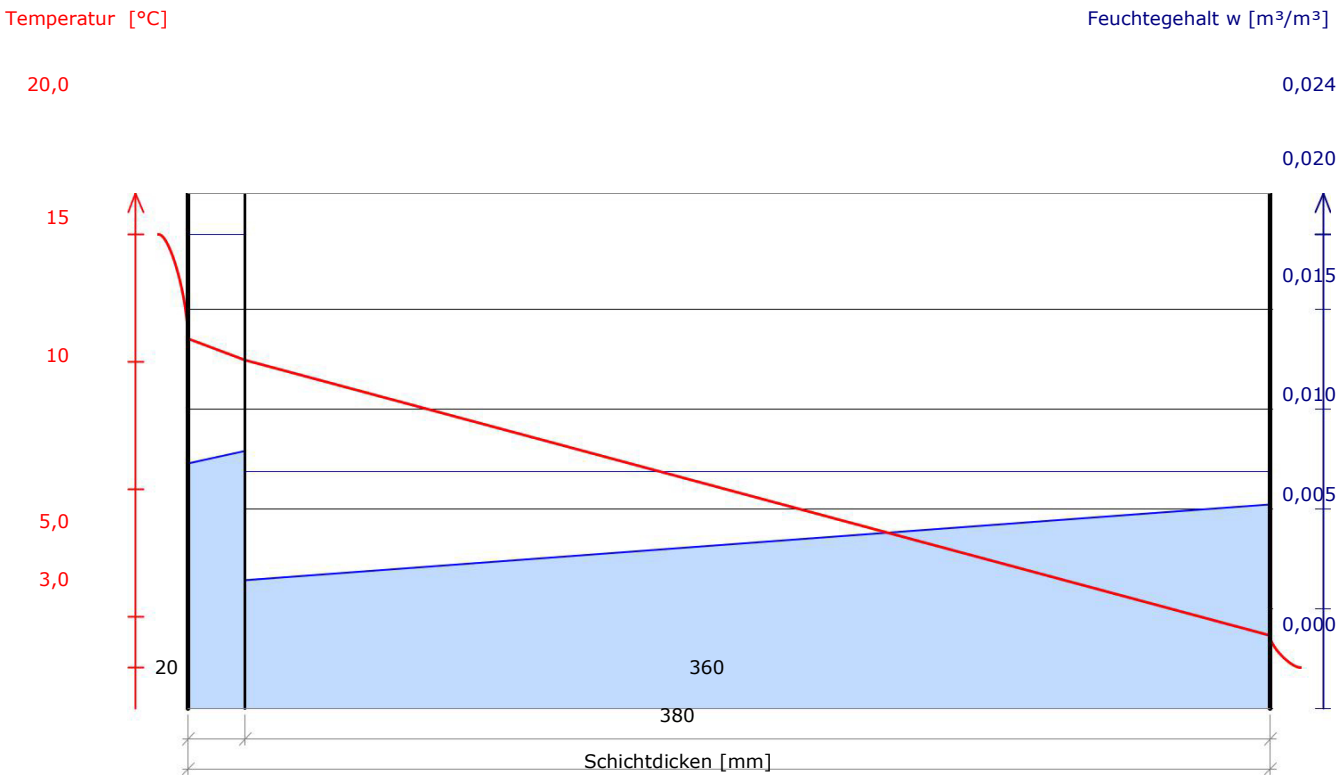
Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion (trocken)	U =	1,847	W/(m²K)
Wärmedurchlasswiderstand der Konstruktion	R =	0,372	m²K/W

DIN 4108-2 Tab. 3,1+11 (Wärmedurchlasswiderstand) R >= 1,2 m²K/W **Anforderung nicht erfüllt**

Kein Kondensat in der Konstruktion!

Temperatur und Feuchteprofil



Kondensat (überhygroskopische Feuchte) ist dunkel eingefärbt!

5.3 Feuchtetechnische Überprüfung, beispielhaft für ein Klassenzimmer

Als Beispielzimmer wurde ein mittleres Zimmer im ersten Obergeschoss ausgewählt.

Randbedingungen:

Raumvolumen	8,5mx9,0mx3,45m = 264m^3
Innentemperatur	19°C
Relative Luftfeuchte	45% (am Morgen, ohne zusätzlichen Eintrag durch Schüler)
Anzahl Personen	30

Vorhandener Wasserdampfgehalt in der Luft:

Mit Hilfe des Carrier-Diagramms wurde ein vorhandener Wasserdampfgehalt von 7g/m³ ermittelt.

„Innere Feuchtelast“:

Die Masse an Feuchte, die von den Schülern innerhalb einer Stunde abgegeben wird, wurde unter der Annahme berechnet, dass der Mensch bei einer ruhigen Tätigkeit 40g/h (Feuchte) abgibt. Innerhalb einer Stunde entstehen so 1200g Feuchte im Raum.

Bei einem Raumvolumen von 264m³ erhöht sich der Wasserdampfgehalt der Luft in einer Stunde somit um 1200g/264m³ = 5 g/m³.

Erhöhung der relativen Luftfeuchte:

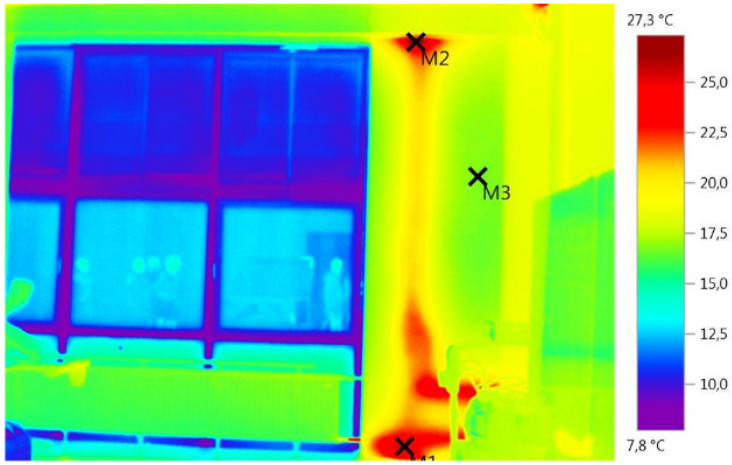
Unter der Annahme, dass die Raumtemperatur durch die Heizregelung konstant bleibt, erhöht sich der Wasserdampfgehalt. Der Wasserdampfgehalt beträgt nun 7g/m³ + 5g/m³, also 12g/m³. Die relative Luftfeuchtigkeit, ermittelt nach dem Carrier-Diagramm, beträgt nach einer Stunde 70%.

Ermittlung der Taupunkttemperatur

Die Taupunkttemperatur nach Tabelle C.3 DIN 4108-3 beträgt bei einer Lufttemperatur von 19°C und 45% rel. Luftfeuchte 6,8°C. Die Wandtemperatur sollte somit mindestens 9,8°C betragen.

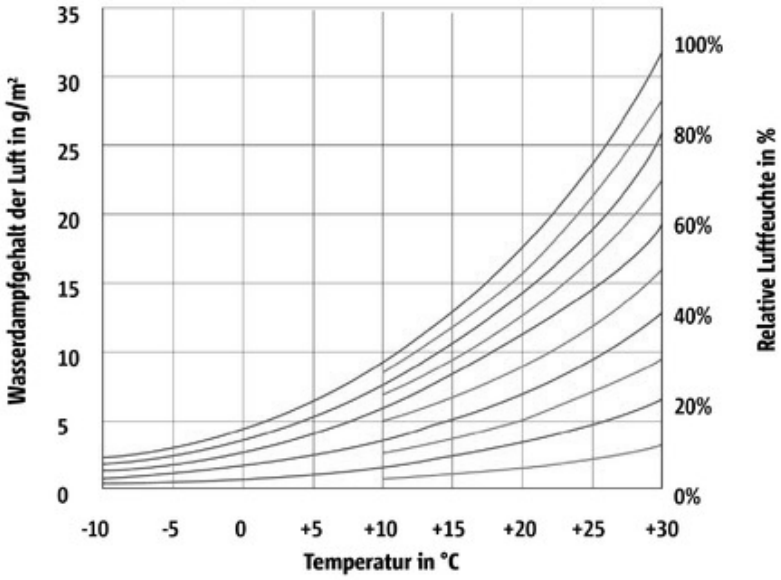
Vergleicht man diese Temperatur mit den zugehörigen Temperaturen der Thermografie, so bestätigt sich rein rechnerisch, dass an den oberen Fenstern Tauwasser anfallen muss. Dies konnte optisch bestätigt werden (siehe dazu nachfolgende Bilder).

Nach einer Stunde und einer Anzahl von 30 Personen im Raum, erhöht sich die Taupunkttemperatur auf 13,4°C, somit müsste sich zumindest in den hellblauen Bereichen ebenfalls Tauwasser bilden.



Thermografiebilder des Raumes

Raum von außen aufgenommen, Kondensat ist deutlich erkennbar



Carrier-Diagramm (Quelle: https://www.schoeck-schweiz.ch/de_ch/luftfeuchtigkeit; 12.01.2016 19:50)

Tabelle C.3 — Taupunkttemperatur für Wasserdampf in Luft in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Luftfeuchte

Tempe-ratur °C	Taupunkttemperatur °C bei einer relativen Luftfeuchte %													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,1	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,3	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,8	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,1	3,2	5,1	6,8	8,4	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,6	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,1	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,0	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1,1	0,6	2,3	3,8	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,8	-0,2	1,4	2,8	4,2	5,4	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,4	-2,6	-1,0	0,5	1,9	3,3	4,5	5,6	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,7	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

6. Zusammenfassung der Erkenntnisse der Aufnahmen

Währende der Aufnahmen wurden verschiedene Punkte Thermografie und ausgewertet. Dabei bestätigten sich einige Vermutungen, doch andererseits war es auch nicht möglich die Vermutungen zu belegen.

Grundsätzlich ergaben sich Schwierigkeiten durch die Spiegelung der Böden, wodurch diese schwer thermografierbar waren. Außerdem war häufig aufgrund des Bodenaufbaus kein Wärmefluss ersichtlich.

Desweitern gab es bei den Decken Erschwernisse, da einige abgehängt waren. Unter anderem wurden in dem Rucksackraum im zweiten Obergeschoss ebenfalls eine abgehängte Decke sowie ein zusätzlicher Bodenaufbau, der uns nicht näher bekannt war, festgestellt. Dadurch eine aussagekräftige Thermografie kaum möglich war.

Trotz der erwarteten Spiegelungen der Fenster und deren Aluminiumrahmen, konnte kein Unterschied festgestellt werden, zwischen den mit Kreppband abgeklebten Stellen und den blanken Stellen. Deutlich zu erkennen war jedoch die Undichtigkeit der Fenster.

Durch die Thermografieaufnahmen konnte man die Heizleitungen teilweise sehr gut erkennen, die durch die Wände verlaufen.

Während der Auswertung der Aufnahmen wurden einige Schwachstellen festgestellt. Die Temperaturdifferenz zwischen einfach verglasten und mehrfachverglasten Fenstern ist deutlich zu erkennen.

Außerdem wurden einige Wärmebrücken ermittelt, die jedoch behoben werden könnten.

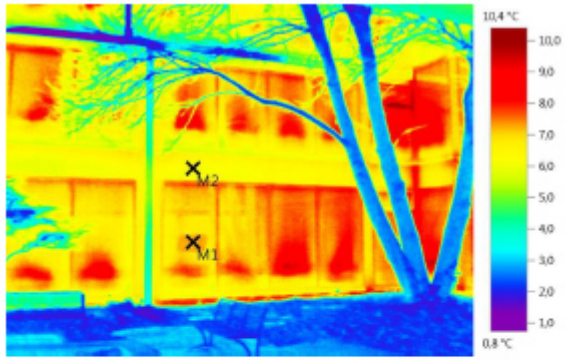
Weiterhin waren in einigen Räumen innenseitige Wärmedämmungen angebracht, wie sich auch aus den Aufnahmen ergab.

7. Maßnahmenkatalog

7.1 Außen

<table>
<tr><th></th><th>IST-Zustand</th><th>Möglicher Schaden</th><th>Maßnahmen</th></tr>
<tr>
<td>

Aufnahme Nr.: 8
EG SÜD-Fassade



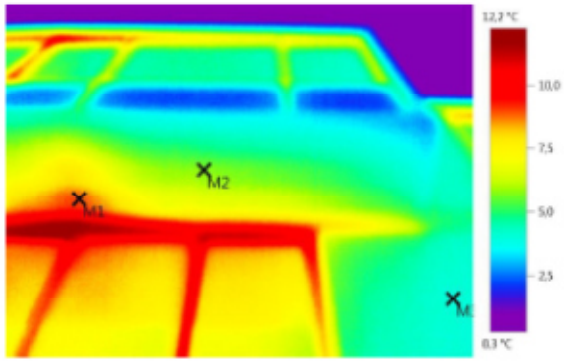
Bildparameter:

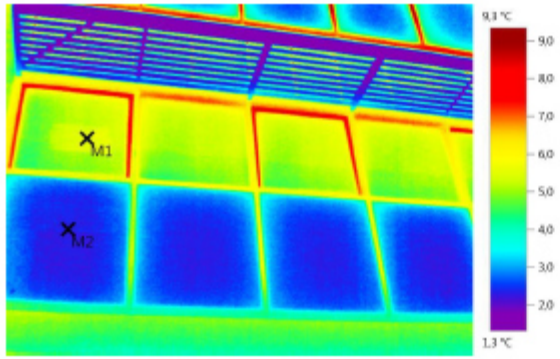
Emissionsgrad: 1,00
Refl. Temp. [°C]: 26,0

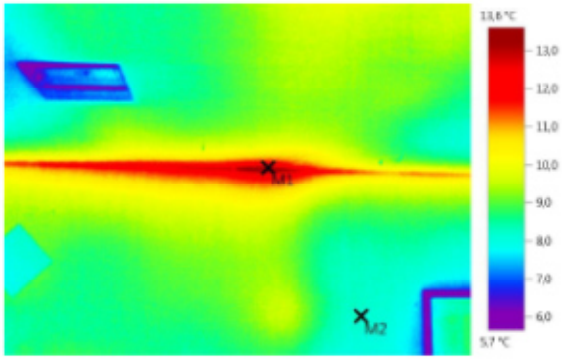
Bildmarkierungen:

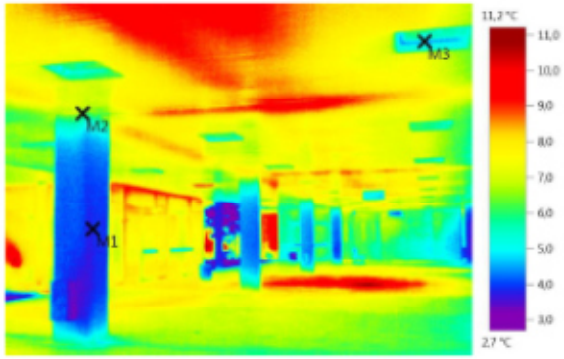
Messobjekte	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Bemerkungen
Messpunkt 1	7,3	1,00	26,0	-
Messpunkt 2	6,1	1,00	26,0	-

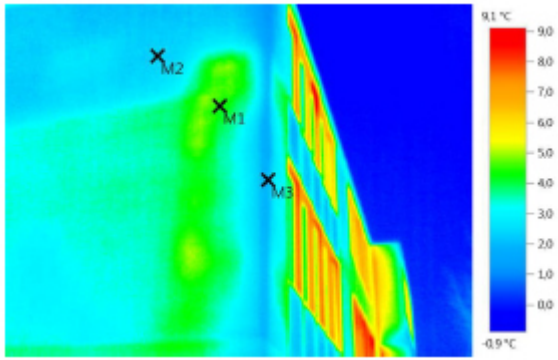
</td>
<td>Fenster und Wandbereich mit ähnlicher Temperatur. Heizkörper hinter der Fensterreihe sichtbar sowie die außenliegende Aluleiste.</td>
<td>Kein möglicher Schaden.</td>
<td>Keine Maßnahmen notwendig.</td>
</tr>
</table>

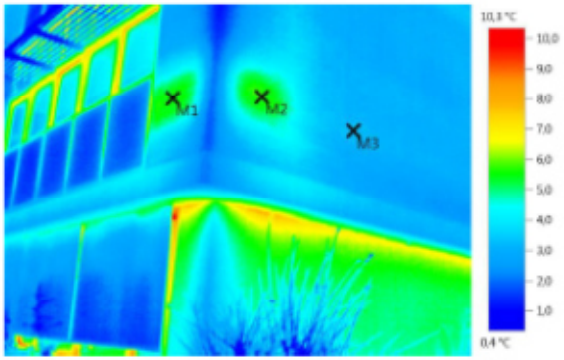
	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.: 9 **Fassade/Rucksackzimmer NORD-Fassade**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 8,9 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 5,7 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 3 | 4,0 | 1,00 | 26,0 | -	Auskragende Bodenplatte. Vermutlich doppelter Boden im Zimmer. Da bei Aufnahme im Zimmer keine Wärmeunterschiede zwischen auskragender Bodenplatte und innen liegender Bodenplatte. (Beim Abklopfen des Bodens klingt dieser Hohl)	Wärmestau unter dem Rucksackzimmer.	Keine Maßnahmen notwendig

	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.: 10 **1.OG SÜD-Fassade**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 5,5 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 2,4 | 1,00 | 26,0 | -	Aluminiumfensterrahmen weisen eine höhere Temperatur auf. Deutlicher Unterschied zwischen einfach verglastem und mehrfach verglastem Fenster.	Wärme steigt nach Oben und geht verloren. Hohe Heizkosten.	Obere Fenster auch mehrfach Verglasen. Evtl. nur Austausch der Fenster damit der Rahmen aus denkmalschützlichen Gründen bestehen bleiben kann

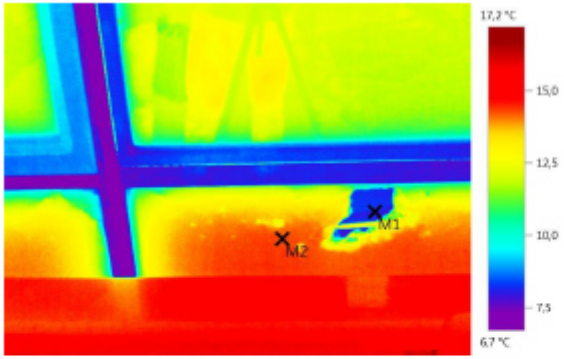
	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.: 11 **Hausmeister-Zimmer**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 13,1 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 8,2 | 1,00 | 26,0 | -	Anschluss Decke-Außenwand mit sehr deutlichem Temperaturunterschied im Anschlussbereich.	Wärmebrücke nach Außen → Abkühlung im Innenbereich	

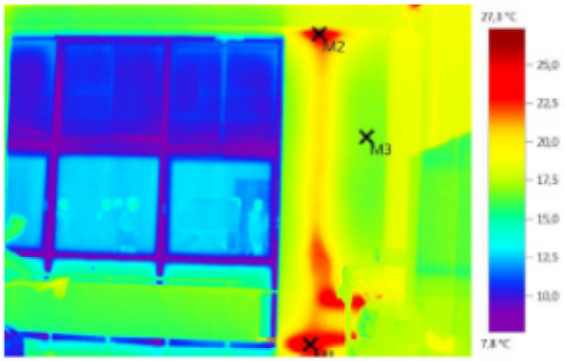
	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.: 12 **EG Pausenhof**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 3,8 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 6,5 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 3 | 4,6 | 1,00 | 26,0 | -	Anschlussbereich Betonsäule/Decke deutlich kälter. Ebenso in den Aussparungen der Lampen. Vermutung: Flur über den Säulen, danach beheiztes Klassenzimmer. Laut Pläne doppelter Boden mit Luftschicht.		

	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.: 13 **OST-Fassade**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 4,3 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 2,4 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 3 | 2,0 | 1,00 | 26,0 | -	Deutlicher Temperaturunterschied an der Außenwand	Deutlich sichtbarer Verlauf der Heizungsrohre.	

	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.: 14 **OST-Fassade**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 5,6 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 5,7 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 3 | 3,3 | 1,00 | 26,0 | -	Warmer Wandbereich durch innenliegende Heizungsrohre.		

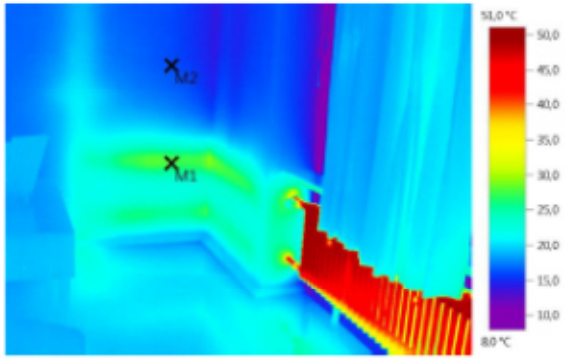
7.2 Innen

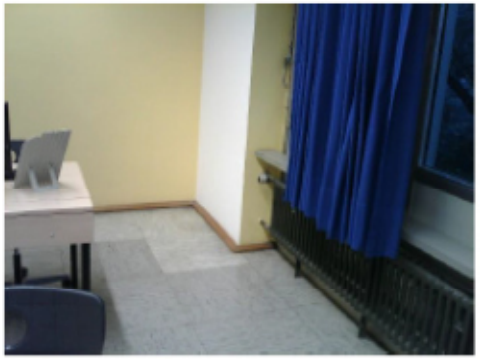
	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr. 1: **1.OG**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 8,0 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 14,3 | 1,00 | 26,0 | -	Dämmplatte weist eine tiefe Fehlstelle auf (4cm).	Möglicher Taupunkt innerhalb der Fehlstelle	Neue Platte anbringen

	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr.2 **1.OG**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** / **Temp. [°C]** / **Emiss.** / **Refl. Temp. [°C]** / **Bemerkungen** Messpunkt 1 / 24,9 / 1,00 / 26,0 / - Messpunkt 2 / 26,8 / 1,00 / 26,0 / - Messpunkt 3 / 16,8 / 1,00 / 26,0 / -	Heizungsrohre in Außenwand → hoher Wärmeunterschied der Wandfläche zur Zimmertemperatur.	Hoher Verlust der Heizenergie.	

<table>
<tr><th></th><th>IST-Zustand</th><th>Möglicher Schaden</th><th>Maßnahmen</th></tr>
<tr><td>

Aufnahme Nr.3:
2.OG





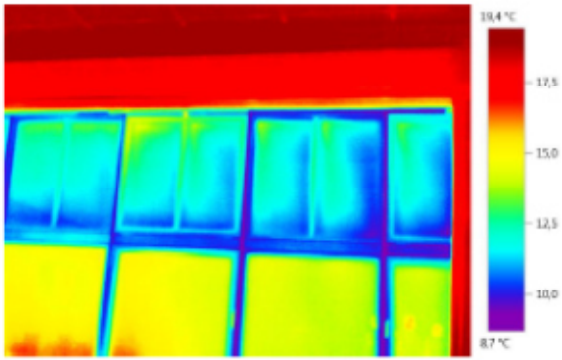
Bildparameter:

Emissionsgrad: 1,00
Refl. Temp. [°C]: 26,0

Bildmarkierungen:

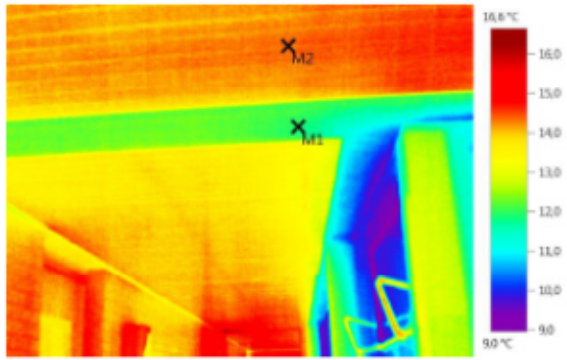
Messobjekte	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Bemerkungen
Messpunkt 1	27,5	1,00	26,0	-
Messpunkt 2	16,3	1,00	26,0	-

</td><td>Heizungsrohre im Eckbereich der Außenwand. Ähnlicher Temperaturunterschied wie in Aufnahme Nr.2</td><td>Hoher Verlust der Heizenergie.</td><td></td></tr>
</table>

	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr. 4 **2.OG**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0	Untere Fensterreihe ist doppeltverglast. Obere Fensterreihe besteht aus einer Einfachverglasung	An oberer Fensterreihe fällt Tauwasser an.	Einheitliche Verglasung

<table>
<tr><th></th><th>IST-Zustand</th><th>Möglicher Schaden</th><th>Maßnahmen</th></tr>
<tr>
<td>

Aufnahme Nr.5
2. OG



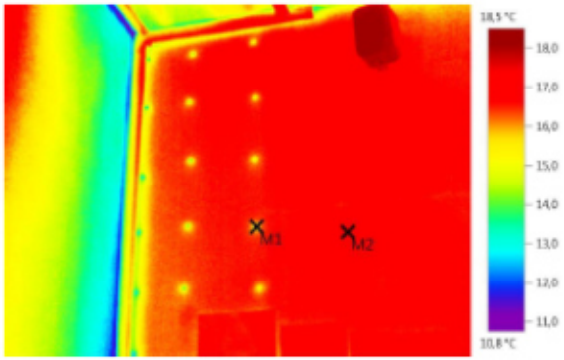
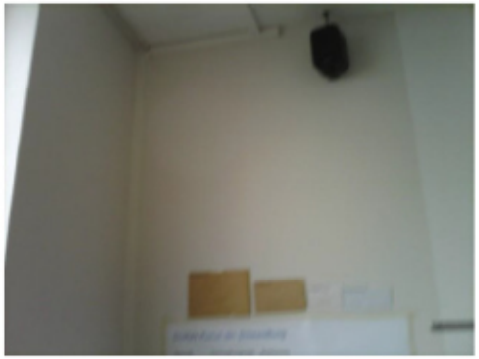
Bildparameter:

Emissionsgrad: 1,00
Refl. Temp. [°C]: 26,0

Bildmarkierungen:

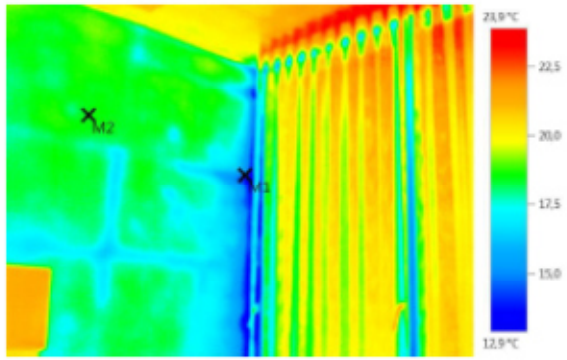
Messobjekte	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Bemerkungen
Messpunkt 1	11,9	1,00	26,0	-
Messpunkt 2	14,3	1,00	26,0	-

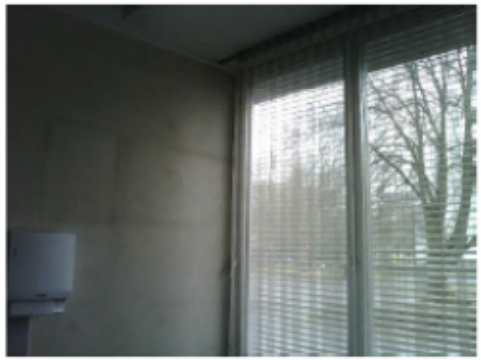
</td>
<td>Stahlbetonträger reicht vom Außenbereich durchgehend in den Innenbereich
→ Wärmebrücke
Flur dient als zusätzlicher Zwischenraum für die anliegenden Klassenzimmer</td>
<td>Mögliche höhere Heizkosten.</td>
<td></td>
</tr>
</table>

	IST-Zustand	Möglicher Schaden	Maßnahmen
Aufnahme Nr. 6 **2.OG**   **Bildparameter:** **Emissionsgrad:** 1,00 **Refl. Temp. [°C]:** 26,0 **Bildmarkierungen:** **Messobjekte** | **Temp. [°C]** | **Emiss.** | **Refl. Temp. [°C]** | **Bemerkungen** Messpunkt 1 | 14,8 | 1,00 | 26,0 | - Messpunkt 2 | 16,7 | 1,00 | 26,0 | -	Außenwand ist mit mehreren kälteren Stellen versehen. Diese deuten auf mehrere Anker einer vorgehängten Platte hin. (Starke Rotfärbung der Wand ist skalierungsbedingt, Temperatur der Wand liegt im normalen Temperaturbereich, welcher auch an anderen Wänden der Gebäudes zu finden ist (ca.17°C))		?

<table>
<tr><th></th><th>IST-Zustand</th><th>Möglicher Schaden</th><th>Maßnahmen</th></tr>
<tr>
<td>

Aufnahme Nr.: 7
EG





Bildparameter:

Emissionsgrad: 1,00
Refl. Temp. [°C]: 20,0

Bildmarkierungen:

Messobjekte	Temp. [°C]	Emiss.	Refl. Temp. [°C]	Bemerkungen
Messpunkt 1	14,4	1,00	20,0	-
Messpunkt 2	18,6	1,00	20,0	-

</td>
<td>Sowohl im Taglichtbild als auch auf der Thermografie sind deutlich die Fugen zu erkennen.
→ schlechte Fugenausbildung
Eckbereich deutlich kälter als restliche Wand
Farbverlauf der Thermografie im Fensterbereich ist durch die vorgehängten Lamellen der Fenster bedingt.</td>
<td>Starker Wärmeverlust über den Eckbereich</td>
<td></td>
</tr>
</table>

Anhang

03.12.2015

Protokoll Thermographie

Tag		Mittwoch, 3.12.2015
Uhrzeit	Außenaufnahmen: Innenaufnahmen:	6:00 Uhr – 7:30 Uhr 7:30 Uhr – 10:00 Uhr
Wetter:	Außentemperatur:	• ca. 4 °C Lufttemperatur (selbst gemessen) • 3,3°C nach *http://www.wetterspiegel.de/de/europa/deutschland/baden-wuerttemberg/14456w109290x23.html*
	Innentemperatur:	je nach Raum (von ca. 17 °C – ca. 22°C)
	Wind:	kein Wind
	Sonstiges:	• ganznächtlich geschlossene Wolkendecke • Nebel (Sichtweite ca. 200 – 250 m >> größte Messdistanz) • kein Niederschlag
Einstellungen am Gerät:		• ε = 1,0 /RTC = 26 (da laut Bedienungsanleitung bei hohem ε RTC nicht entscheidend) • Standardeinstellungen, automatische Skalierung Farbskala

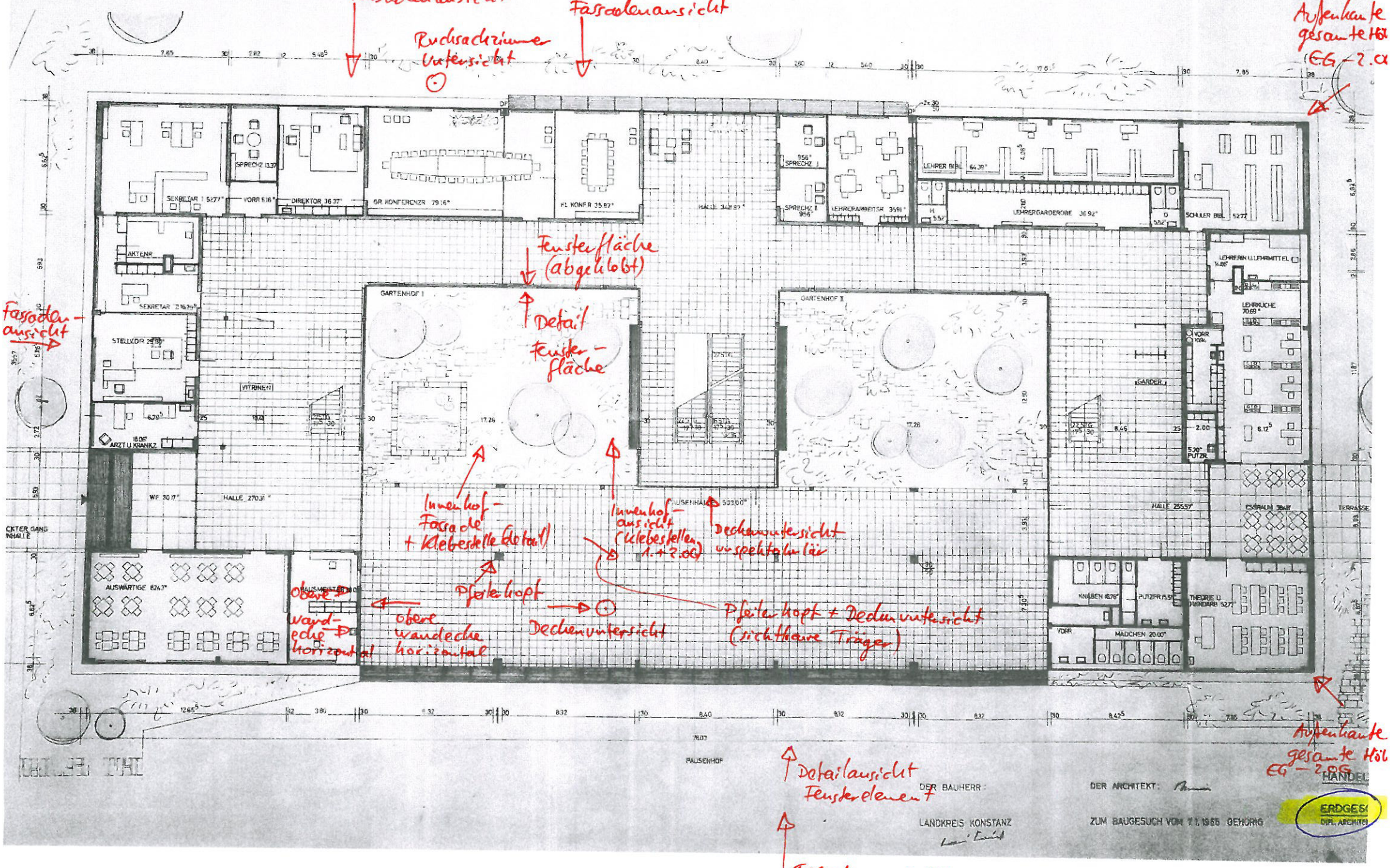
Aufgenommene Punkte:

siehe Pläne

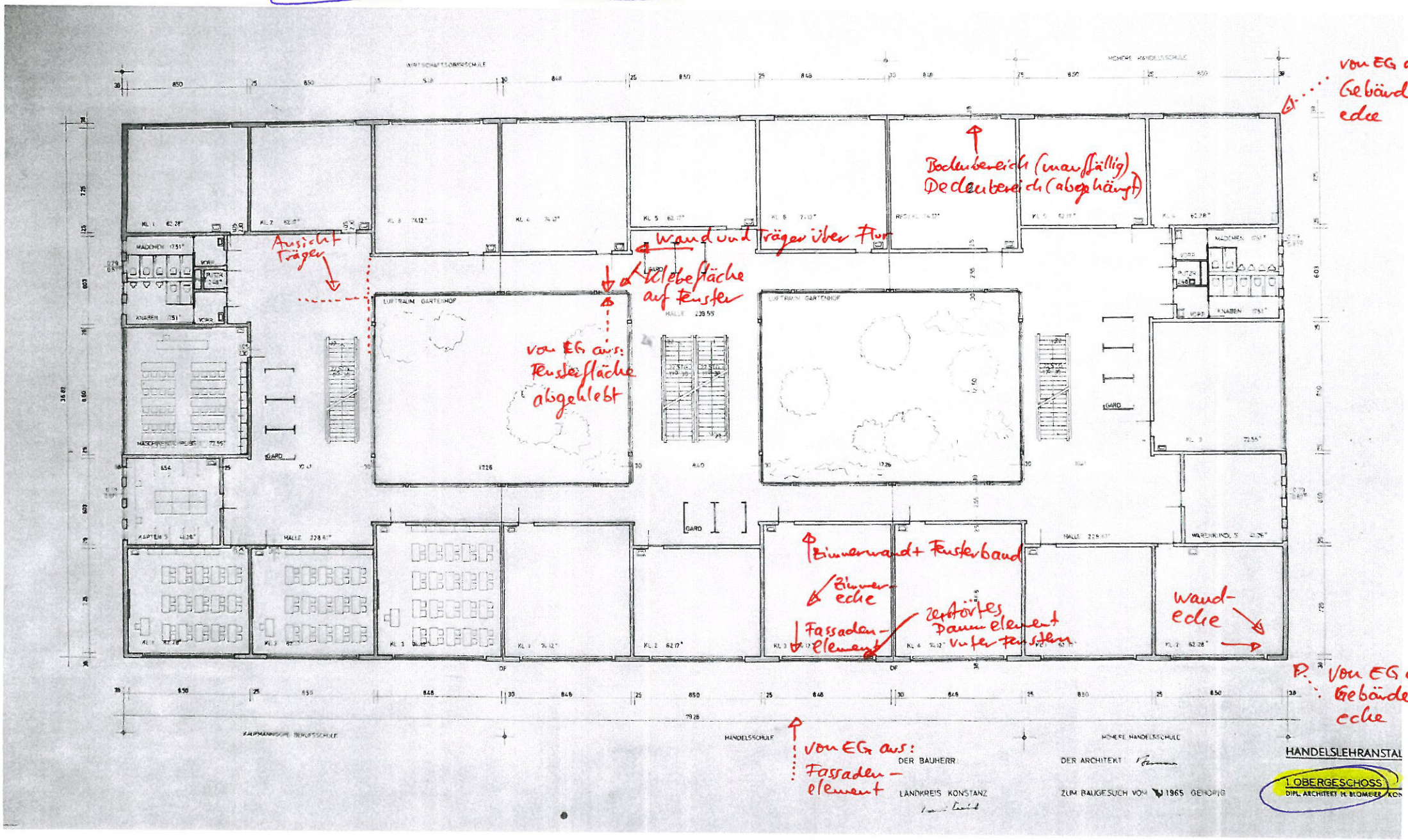
Besonderheiten /Feststellungen:

- teilweise sind einzelne Räume innenseitig bereits wärmegedämmt
  - Räume Südseite zu den Innenhöfen hin (2. OG): (gesichert) mit ca. 8 cm Dämmung
  - zumindest ein Raum nach Osten (Eckraum Nordost, 2.OG): vermutete Innenwärmedämmung hinter Gipskartonwand → hohles Klingen → muss mit Wandtemperaturen überprüft werden
- teilweise keine sichtbaren Wärmebrücken wo vermutet, da Decken abgehängt sind (an folgenden Orten festgestellt: mittleres Treppenhaus, Rucksackraum (2. OG), Raum direkt unter Rucksackraumen (1. OG), Raum im 2. OG (Eckzimmer), Klassenraum nach Süden hin: Decke zur Innenseite hin)
- Böden haben Bodenaufbau → auch hier kein Wärmefluss ersichtlich (an folgenden Orten festgestellt: Rucksackraum (2.OG), Klassenzimmer nach Süden über Pausenraum)
- Böden allgemein schwer thermografierbar, da starke Spiegelung der Umgebung
- Alurahmen zeigen trotz gegenteiliger Meinung der Literatur gleiche /ähnliche Werte wie abgeklebte Alurahmen
- Fensterscheiben: Spiegelungen gering. Messbar wie Alurahmen (s.o.)
- Heizleitungen liegen vermutlich in den Wänden → Checken: Schächte oder eingemauert (??)
- Fenster schließen nahezu alle nicht richtig dicht

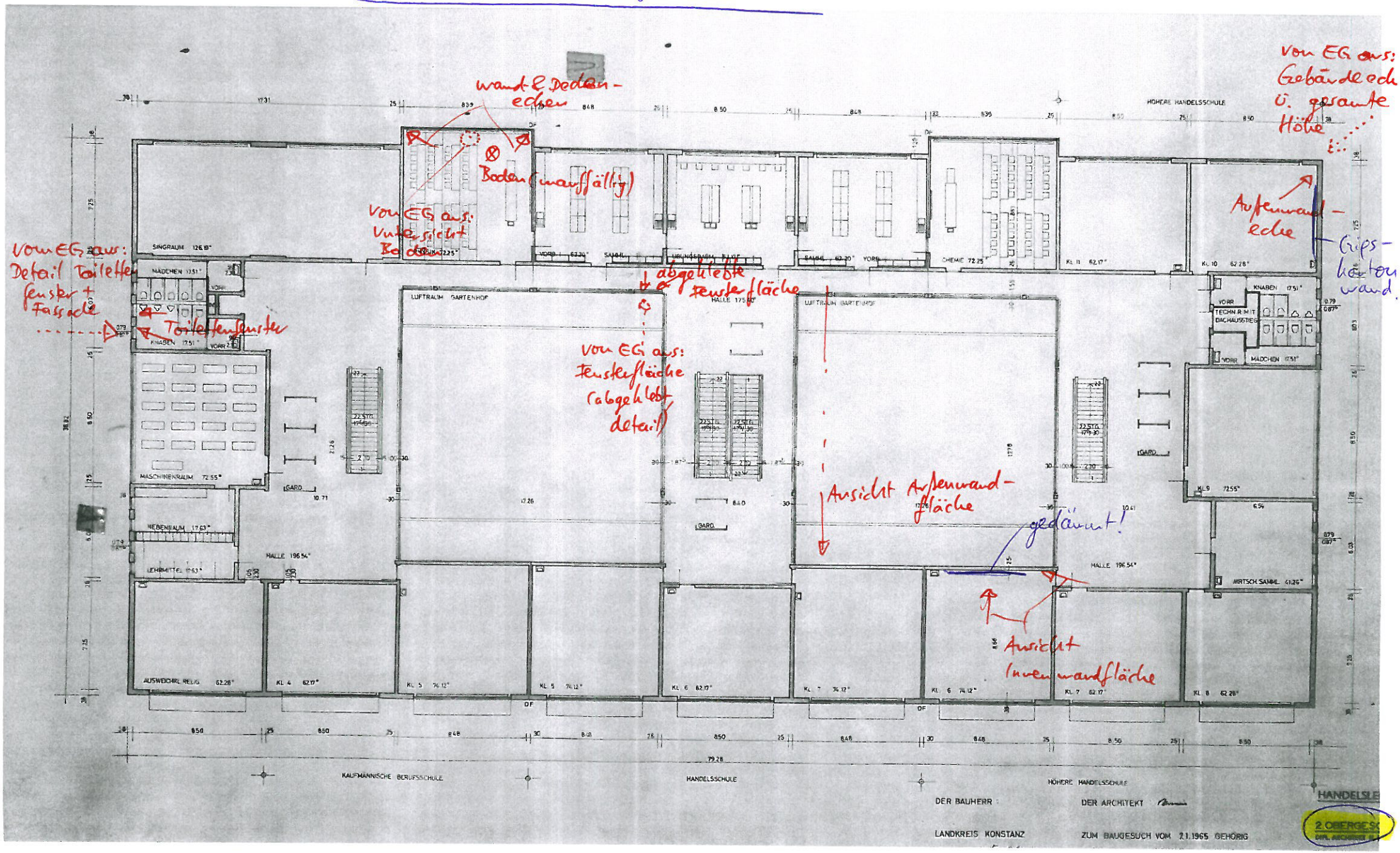
Tatsächliche Aufnahmen



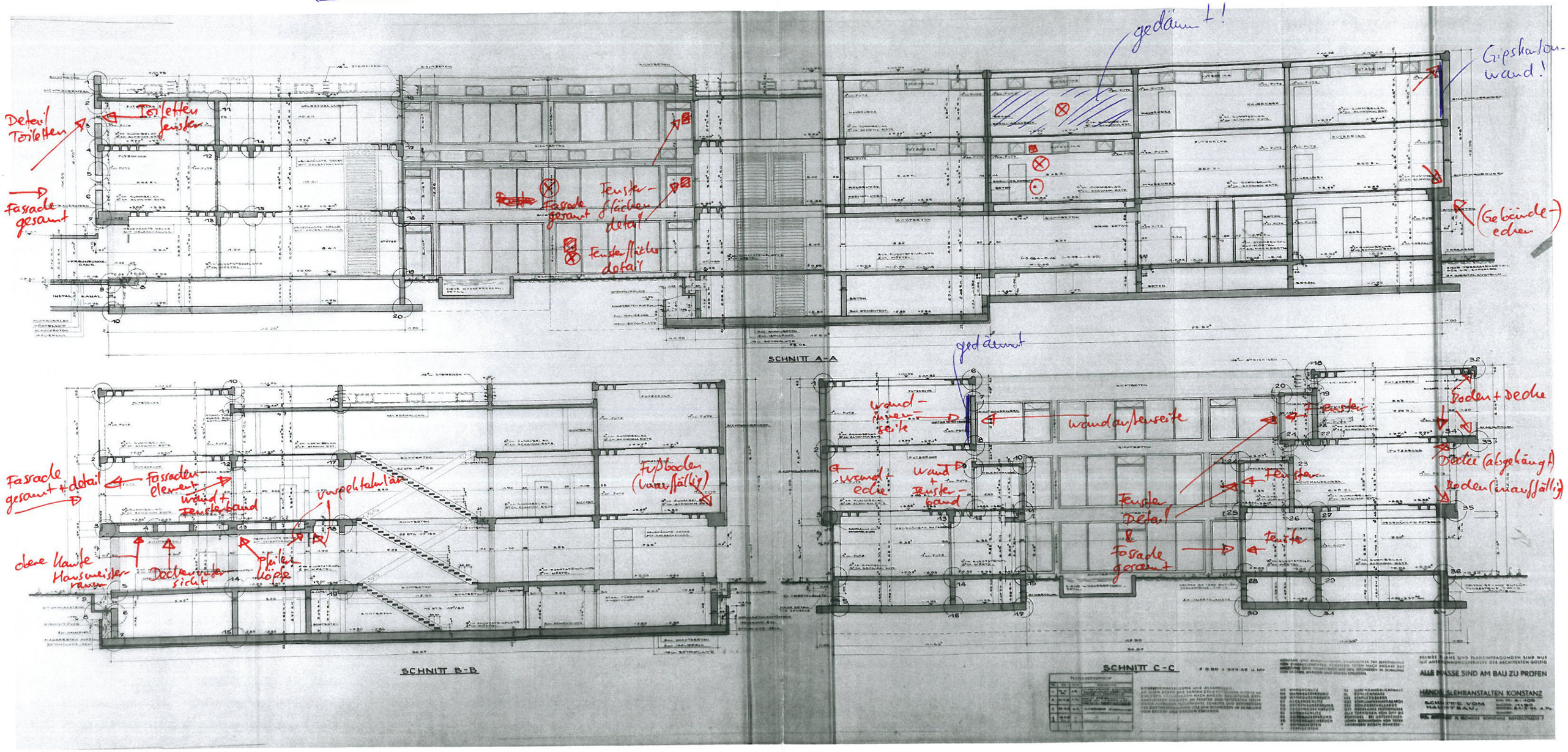
Tatsächliche Aufnahmen



Tatsächliche Aufnahmen



Tatsächliche Aufnahmen



geplante Aufnahmen / gemachte Aufnahmen

Aufnahmen Wessenbergschule

Außen

Allgemein /Übersichtsaufnahmen

- Gebäudefassaden (Gesamtübersichten)
  → sieht man die Geschossdecken?
  → Fensterelemente
- Innenhöfe
  → Wärmebrücken Geschossdecken
  → Verhalten der Fensterflächen

Besondere Punkte (offensichtliche geometrische Wärmebrücken):

✓ A. Pausenraum: Anschluss an Mittleres Treppenhaus → Sturz /Balken über Eingangstüre
✗ B. Verbindungsgang: Deckenbereich zum Gebäude hin *a)
✓ C. Pausenraum: Anschluss an östl. Gebäudeteil: Deckenbereich zur Wand hin
(✓) D. Rund ums Gebäude: Überstehendes 1. OG (Untersicht und Ansicht) → Wärmeschleier beachten /beseitigen → 2 Aufnahmen; siehe Plan
✗ E. Pausenraum: Untersicht an Südkante → unspektakulär
✓ F. Pausenraum: Untersicht Decke
✓ → Sieht man den Sturz über der Stützenreihe?
✓ → Sieht man die „Mauersteinstapel"?
✓ G. Rucksackräume: Untersichten der auskragenden Decken
✓ H. Innenhöfe: Auskragende Decken der nördlichen Gänge im 2. OG
✓ I. Stützen im Pausenraum

Innen

Allgemein /Übersichtsaufnahmen

Besondere Punkte (offensichtliche geometrische Wärmebrücken):

EG

✗ 1. Ausgang zum Verbindungsgang: Deckenuntersicht *a)
✗ 2. Außenwandecke Gebäude in EG, gesamte Raumhöhe, speziell **oben** (zusammen mit 5) — unspektakulär, da 1.OG weiter auskragt
✓ 3. Wand zu Pausenraum von östlicher oder westlicher Gebäudeflanke aus Hausmeisterraum
✗ 4. Mittleres Treppenhaus: Ausgang in offenen Pausenraum: Sturz /Decke unspektakulär → Abgehängte Decke verspert sicht
✗ 5. Beliebiges Zimmer: Deckenbereich zur Außenwand hin (zusammen mit 2) — vergessen
✓ 6. Flure: Sturzträger zu den Innenhöfen hin

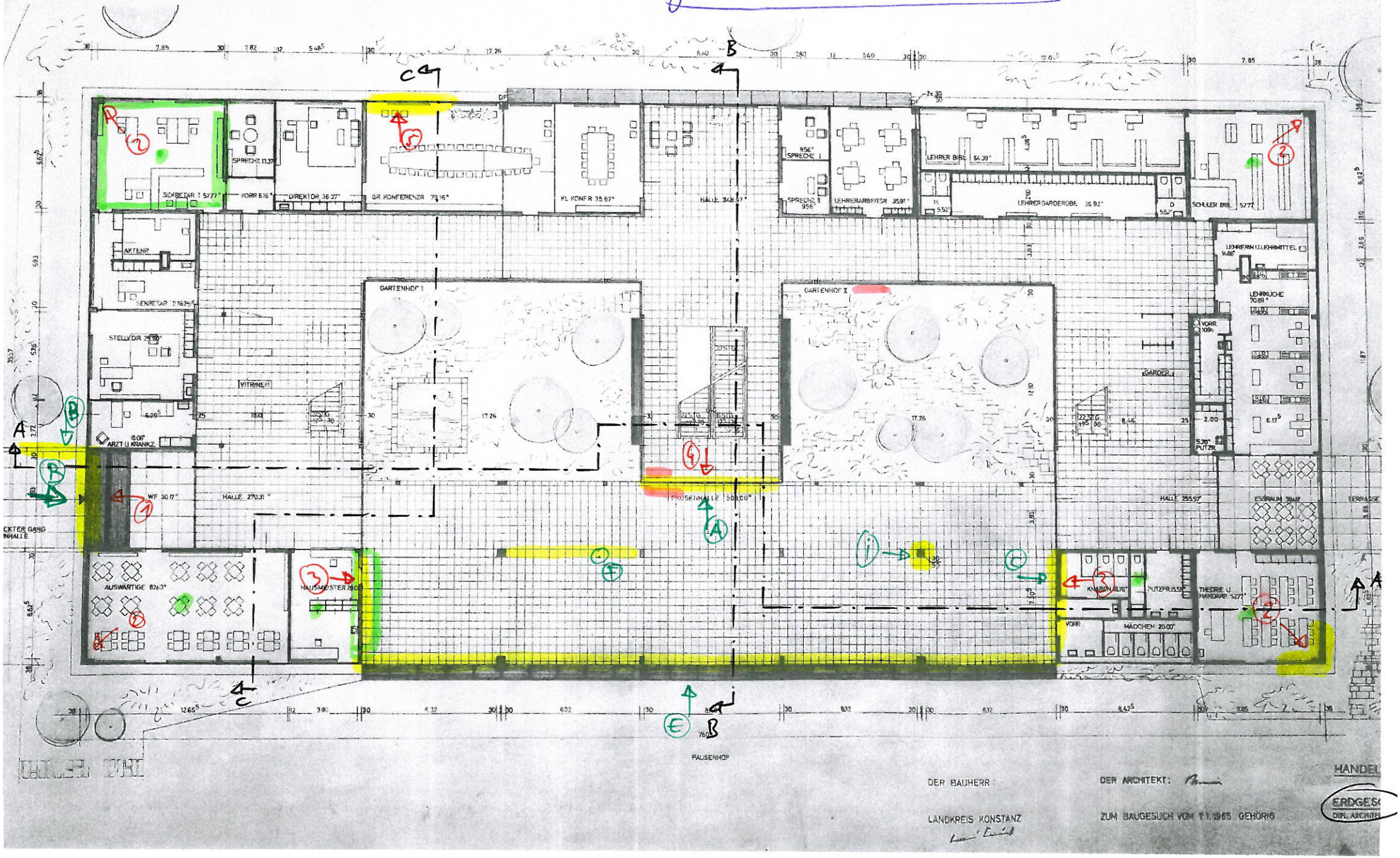
1.OG

✓ 7. Außenwandecke Gebäude 1.OG, gesamte Raumhöhe, speziell **unten** (zusammen mit 8)
✓ 8. Beliebiges Zimmer: Bodenbereich vor Außenwand (bis zu 1,5 m Abstand) (zusammen mit 7)
✓ 9. Beliebiges Zimmer: Deckenbereich vor Außenwand
✓ 10. Zimmer unter Rucksackzimmern: Deckenbereich vor Außenwand
✓ 11. Zimmer an Gang auf Höhe Innenhof: Wandbereich in Höhe der Decke des Ganges
✓ 12. Zimmer wie 11 aber nur im Nordtrakt: Deckenbereich

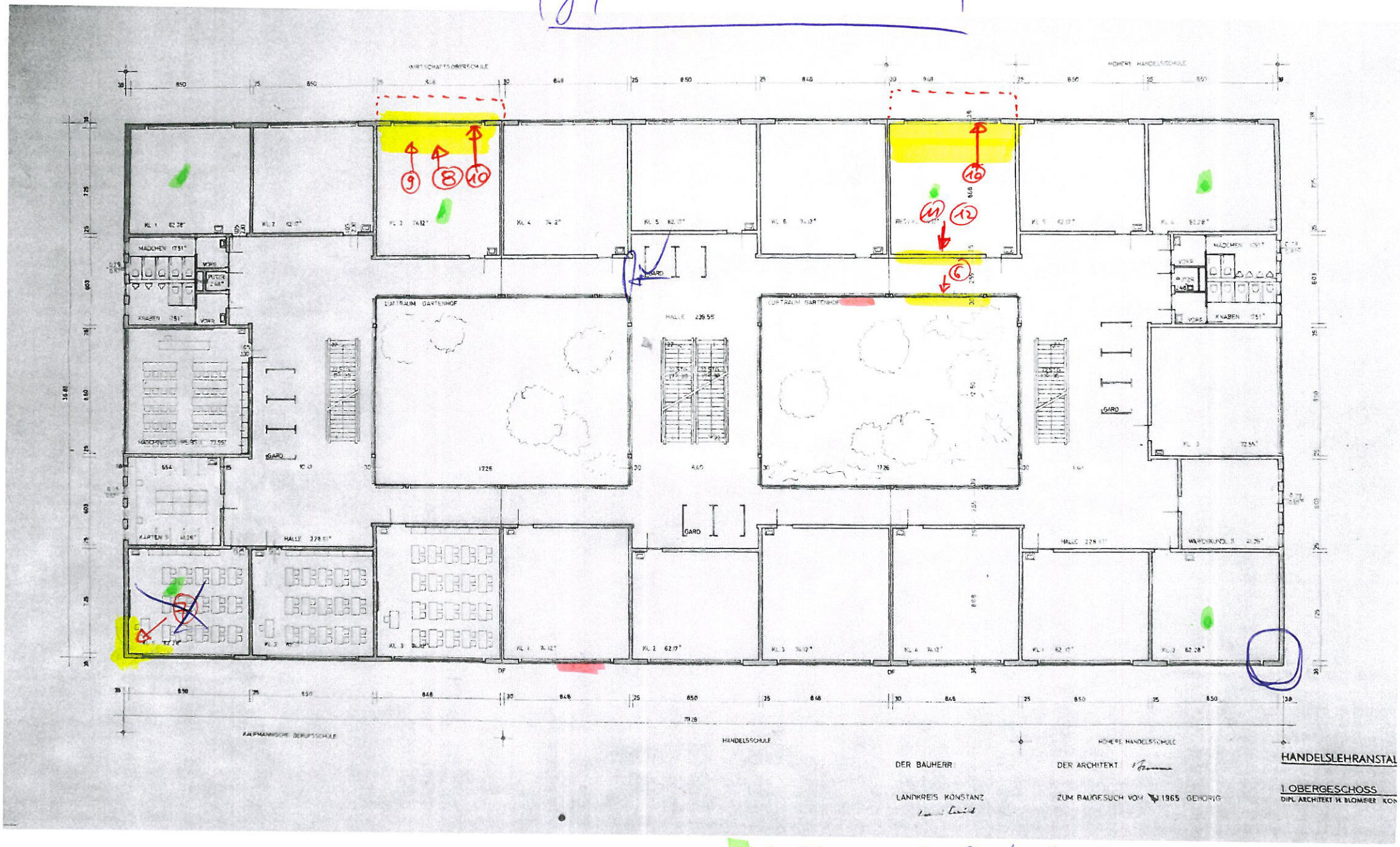
2. OG

✓ 13. Zimmer im Südtrakt: Wand nach Norden (=Außenwand aber deutlich dünner) ✓ v. außen
✓ 14. Rucksackzimmer: Boden im Auskragungsbereich
✓ 15. Rucksackzimmer: Zimmerecken, gesamte Raumhöhe vor allem **oben** und **unten**
✓ 16. Außenwandecke Gebäude 2.OG, gesamte Raumhöhe, speziell **oben** (zusammen mit 17)
✓ 17. Beliebiges Zimmer: Deckenbereiche (zu allen Außenwänden hin, je nach Zimmer) (zusammen mit 16)

geplante Aufnahmen



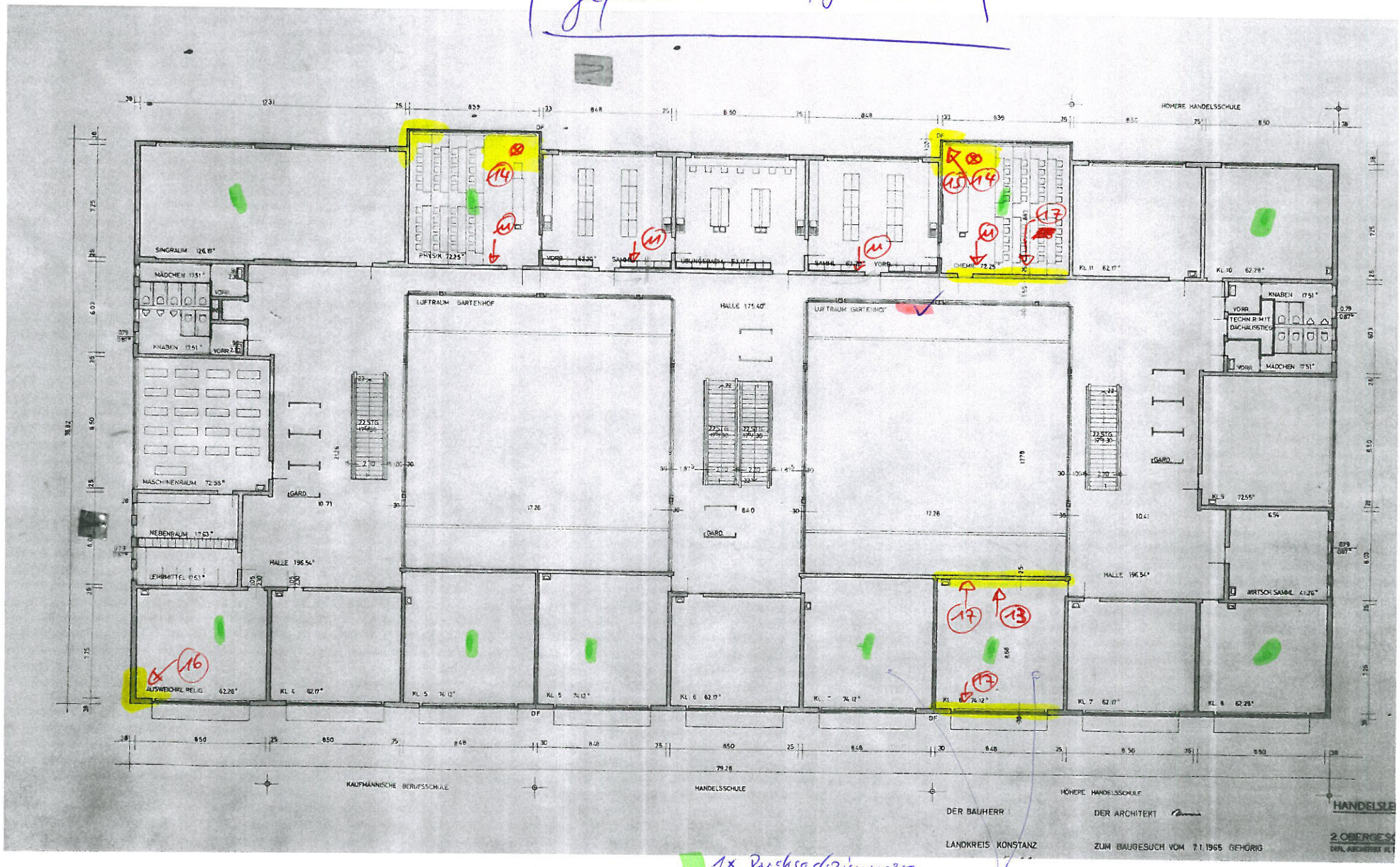
geplante Aufnahmen



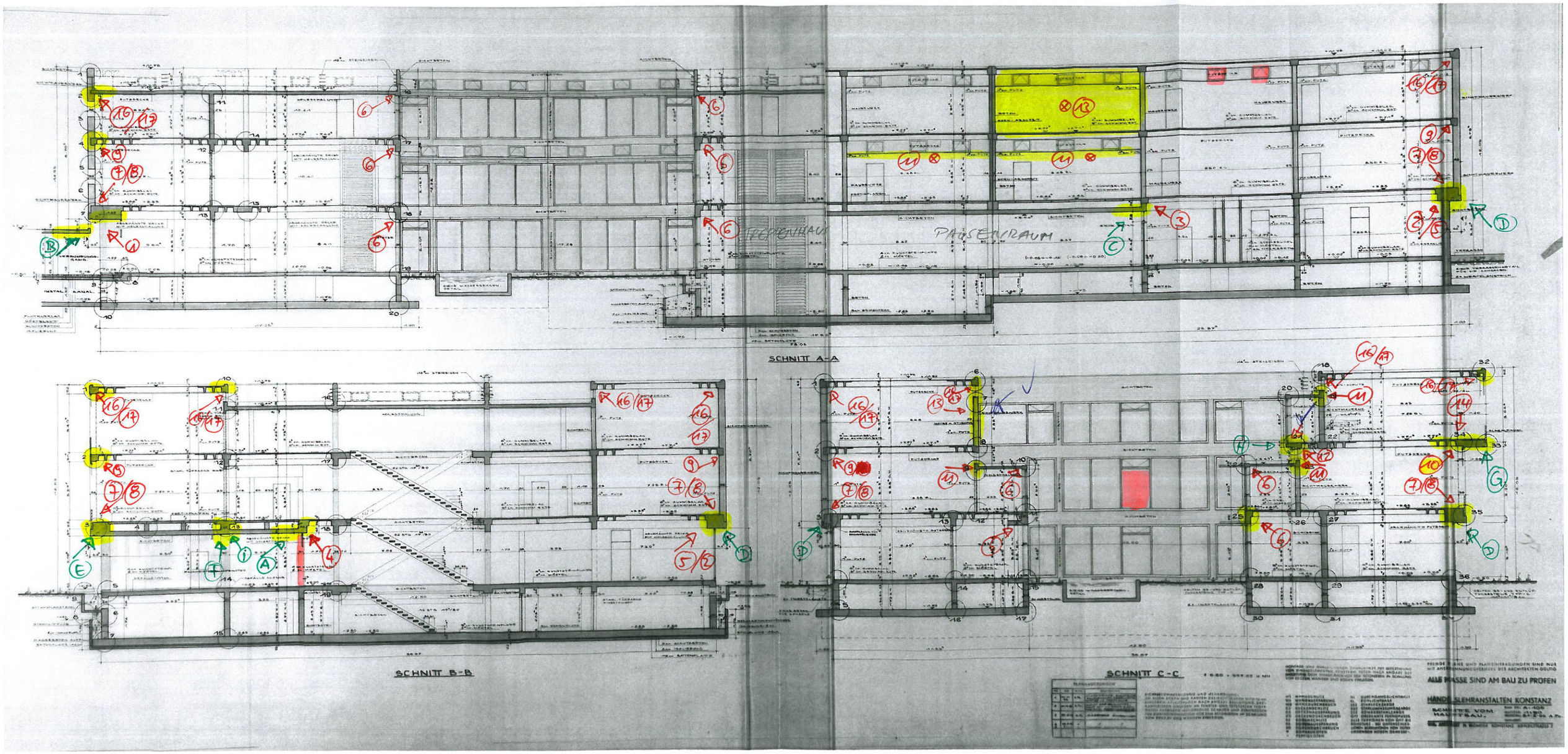
1x Zimmer unter Rucksackzimmern

1x Gehzimmer

geplante Aufnahmen



1x Rucksackzimmer
1x gleiche Höhe, nur Süden
1x Eckzimmer



geplante Aufnahmen

Konstanz

Wessenbergschule

Wintersteig 5—7

Dokumentation

Fenster

Außentüren

Holzmanufaktur
Rottweil

Projektdaten

Objekt	Wessenbergschule Wintersteig 5-7 78467 Konstanz
Bauherr	Landratsamt Konstanz Amt für Hochbau und Gebäudemanagement vertreten durch Frau Linda Bräunig Benediktinerplatz 1 78467 Konstanz Tel 07531 800 15 51 Fax 07531 800 15 50
Architekt	Architekten bda Bäuerle . Lüttin Her Frohwin Lüttin Schützenstrasse 22 78462 Konstanz Tel. 07531 201 57 Fax 07531 275 29 E-Mail: luettin@bl-architekten.com
Gutachter	Holzmanufaktur Rottweil Hermann Klos Sybille Barth Neckartal 159 78628 Rottweil Tel. 0741 9420060 Fax 0741 94200670 E-Mail info@homa-rw.de
Durchführung	Oktober 2012
Abgabe	Juli 2013
Verteiler	Stadt Konstanz, 3-fach zur Weitergabe Holzmanufaktur Rottweil, 1-fach

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis Seite

Auftrag und Aufgabenstellung

Die Holzmanufaktur Rottweil wurde von der Stadt Konstanz vertreten durch Frau Linda Bräunig beauftragt, den an der Wessenbergschule in Konstanz vorhandenen bauzeitlichen Fensterbestand zu bewerten und ein Konzept für die anstehende energetische Sanierung auszuarbeiten. Dies umfasst:

1. Bestandsaufnahme

Im Rahmen der durchgeführten Baubegehungen erfolgte exemplarisch eine visuelle Einzelerfassung der Fenster einschließlich mechanischer Prüfung der Werkstoffe und Funktionsfähigkeit.

2. Prüfung der Werkstoffe, Funktion und Konstruktion

Angabe von Funktionswerten

Die Angabe der Funktionswerte erfolgt nach vorliegenden Messungen und Prüfergebnissen vergleichbarer Fenster, durchgeführt z.B. vom Institut für Fenstertechnik Rosenheim.

Mehrteiliges Fensterelement im 1. Obergeschoß der Südansicht

3. Fensterbaukonzept

Erstellen eines Fensterbaukonzeptes mit Beschreibung der notwendigen Maßnahmen zur Instandsetzung und eine mögliche Verbesserung der Funktionswerte.

Bestandserfassung

Der Fensterbestand wurde auf der Grundlage des nachstehenden Orientierungssystems erfasst:

Orientierungssystem/Grundlagen

Quelle: Arbeitsblätter des Bayrischen Landesamtes für Denkmalpflege –Verfasser Dr. Ing Wolf Schmidt– Stand Mai 1994

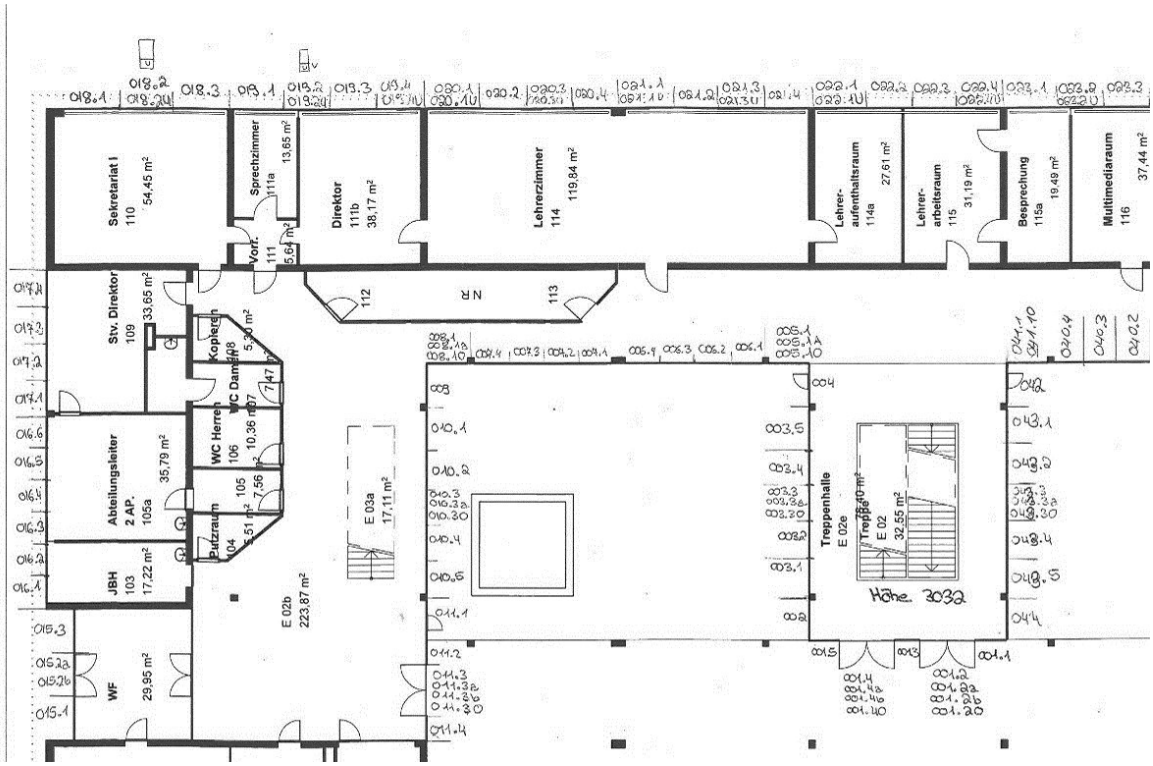
Stockwerke

Das Erdgeschoss wird mit der Ziffer 0 bezeichnet. Das 1. Obergeschoss soll mit 1, Untergeschosse durch ein vorangestelltes Minuszeichen ausgewiesen werden, Zwischengeschosse durch ein vorgestelltes Z.

Fenster

Fenster werden numerisch erfasst. Die numerische Erfassung der Fenster erfolgt mit dem Bezug auf die Nutzungsebene. Sie beginnt mit der Haupterschließungsöffnung der Gebäudes und wird im Uhrzeigersinn fortgeführt.

Die vorgegebene Kodierung sollte für alle am Projekt Beteiligten verbindlich sein.



Erdgeschoß mit Fensternummerierung, Ausschnitt

Resümee

Geschichtliches und Kurzbeschreibung

Erbaut zwischen 1963—1968, geplant vom Architekten Hermann Blomeier im Bauhaus– Stil, stellt die Wessenbergschule in Konstanz ein herausragendes Beispiel moderner Architektur dar. Die bei den Handelslehranstalten (heute Wessenbergschule) gewählte Bauweise mit Beton und gelben Klinker ist ein typisches Merkmal der von Blomeier erbauten Gebäuden. Das Gebäude ist als Kulturdenkmal eingestuft.

Der langgezogene Bau mit Klassenzimmer und Fachräumen wird im Innern durch 2 Innenhöfe aufgelockert. Große Fensterfassaden und bodentiefe Verglasungen sorgen für eine großzügige Belichtung.

Der bauzeitliche Bestand an Isolierglasfenster aus Aluminium ist nahezu vollständig erhalten. Nur wenige Elemente wurden bisher ausgetauscht.

Resümee

Bauwerke und ihre Ausstattungen werden erhalten, solange sie Ihren Zweck erfüllen. Durch die vom Gesetzgeber formulierten Anforderungen sowie die Erwartungen der Nutzer wird das Bauteil „Historische Fenster“ oft in Frage gestellt. Da die gesetzlichen Auflagen und die Erwartungen der Nutzer nicht an die reduzierte Leistungsfähigkeit des Bestandsfensters angepasst werden können, müssen die Fenster, um ihren Erhalt zu sichern, nachträglich Funktionsverbesserungen erfahren.

Da, wo die Selbstverständlichkeit aufhört das Überkommene zu bewahren, beginnt die Denkmalpflege und fordert, dass Funktionsveränderungen und Funktionsverbesserungen verträglich in das überlieferte, formale, materielle und konstruktive Gefüge übertragen werden. Ebenso sollen der Zeugniswert, der Erinnerungswert und auch der Alterswert erhalten bleiben.

Der an der Wessenbergschule in Konstanz vorhandenen Fensterbestand stammt aus der Bauzeit des Schulkomplexes. Die Fenster sind somit originale Bauteile, wobei „Originalität“ sich heute jedoch nicht nur auf den Zustand in der Entstehungszeit bezieht, sondern ebenso seine Veränderung im Laufe des Geschichtsprozesses berücksichtigt. Der Gesamtbestand der bauzeitlichen Fenster vermittelt die in authentischer Weise anschauliche Erfahrungen aus der Vergangenheit.

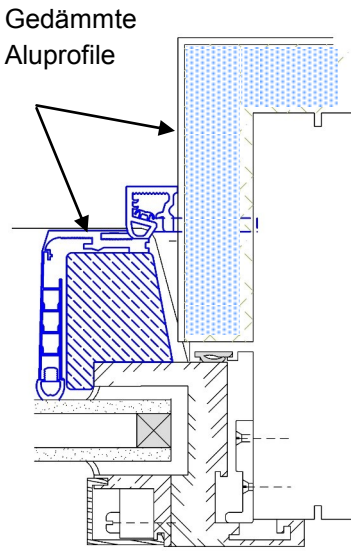
Fensterelemente an der Nordansicht der Fassade

Resümee

Der Bestand an bauzeitlichen Fenster an der Wessenbergschule in Konstanz ist erhaltensfähig und erhaltenswürdig. Bedingt durch die nicht thermisch getrennten Aluminiumprofile sorgen die Fenster für eine sehr schlechte Energiebilanz des Gebäudes.

Vorgefertigte, bewährte Systeme zur Verbesserung der Aluminiumfenster im Bestand bietet der Markt bisher noch keine an. Allerdings ist es denkbar bereits bestehende Systeme zur Verbesserung von Holzfenster -Verschalung mit einem Aluminiumprofil– mit einer Dämmung zu versehen und auf die Geometrie der Fensterprofile aus Aluminium zu modifizieren. Die Isolierverglasungen von 1968 mit einem Ug-Wert von ca. 3,0 W/m“K können durch neue Scheiben mit aktuellen Werten ersetzt werden.

Die auf dem Markt erhältliche Vorsatzschale aus Aluminium S 3 Innova, (ein für Holzfenster ungedämmtes System) wird verdeckt mit Edelstahlschrauben befestigt. (Bildquelle: Stoll Fenstertechnik GmbH Weingarten)

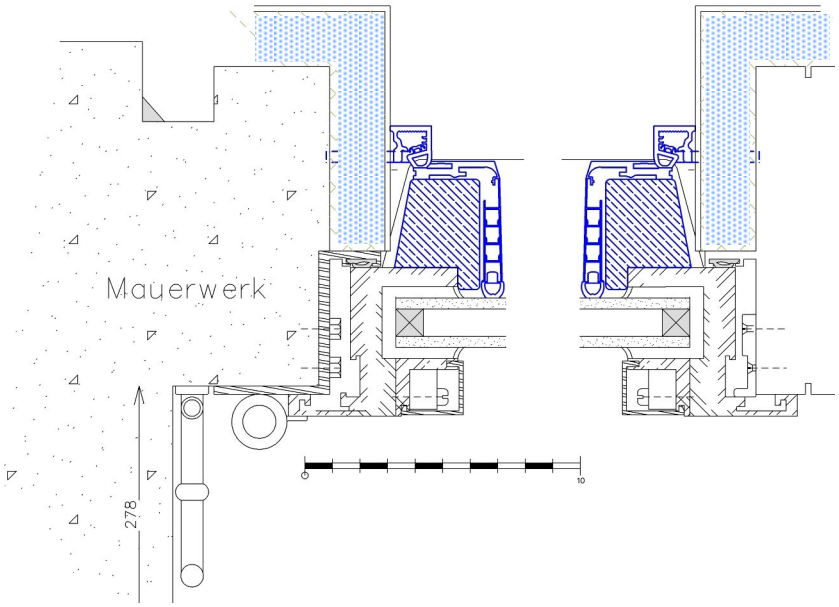


Systemzeichnung gedämmte Vorsatzschale

Die auf der Systemzeichnung zu sehende Verschalung kann weitgehend bzw. mit nur geringen Substanzverlusten zurückgebaut werden. Die vorgeschlagenen Funktionstechnischen Verbesserungen führen zu verbesserten bauphysikalischen Ergebnissen. Ein Bemusterung an den am Gebäude vorhandenen, unterschiedlichen Fenstersystemen muss vorab erfolgen.

Die Fenster sind raum–, situations– und nutzungsbedingt als Fensterelemente mit Drehflügel, Kippflügel und Festverglasungen ausgeführt.

Resümee



Vorschlag: Klimatechnische Verbesserung der Fensterelemente durch Aufdoppeln von Aluminiumprofile mit einer gedämmten Vorsatzschale und Austausch der bauzeitlichen Isolierglasscheiben.

Der zu Grunde liegende konservatorische Ansatz, aber auch die vorgeschlagenen additiven / substituierenden Maßnahmen fußen auf der Erkenntnis, dass ein Baudenkmal nicht nur historisch, sondern in immer stärkerem Maße auch als sinnliches, ästhetisches und künstlerisches Phänomen zu betrachten ist.

Technik ist aus dem Mut und der Lust zu Verbesserungen hervorgegangen. Sie erreicht ihr Ziel, wenn mehr Menschen länger leben und besser wohnen, wenn weniger Menschen hungern und frieren. Aber sie wird zum Unglück, wenn sie dem Menschen die Arbeit an sich selbst abnimmt, wenn sie ihn von seiner Kreativität entlastet, wenn sie ihm das Bedürfnis oder gar die Fähigkeit abgewöhnt mit Sachen lust– und liebevoll, statt wegwerfend umzugehen. Darin liegt die Tücke des gedankenlos restaurierten oder erneuerten Objektes—der verbesserte Gegenstand wird entwertet. Man kann ihn vorzeigen, aber nicht mehr lieben.

Ausstattungen in historischen Gebäuden sind ein liebenswerter Bestandteil des Ganzen und des architektonischen Grundkonzeptes. Durch eine Bemusterung kann geprüft werden ob die bauzeitlichen Bestandsfenster mit den in der Dokumentation beschriebenen Maßnahmen im Bestand gesichert und energetisch verbessert werden können. Der Einbau von Innenfenstern dürfte aufgrund der Nutzung als Schulgebäude und daraus resultierendem Lüftungsverhalten problematisch sein.

An der Wessenbergschule in Konstanz ist noch nahezu der Gesamtbestand der bauzeitlichen isolierverglasten Aluminiumfenster erhalten

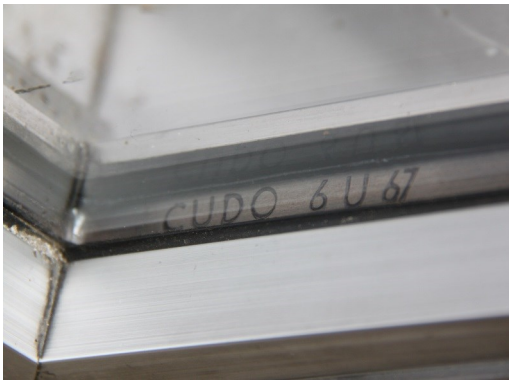
Beim bauzeitlichen Fensterbestand handelt es sich um Dreh/Kipp– oder Kippflügelfenster im Wechsel mit Festverglasungen oder raumhohen festverglasten Fensterelementen mit Lüftungsflügeln. Die Oberlichter in den Klassenräumen an der Südfassade wurden einfachverglast ausgeführt.

Vergleichbare Fenster dieser Bauweise werden in der Fachliteratur mit einem U_w-Wert von 3,5—4,3 W/m²K angegeben.

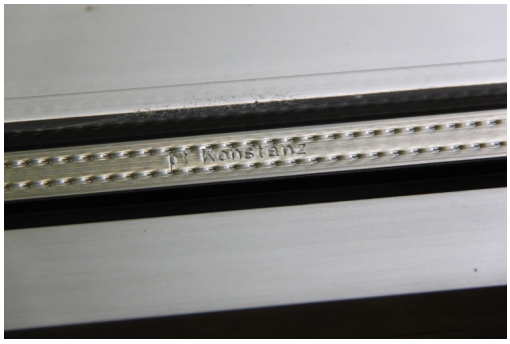
Die bauzeitlichen Fenster sind substanziell intakt. Die Fenster neigen zu starker Kondenswasser Bildung. Schäden liegen vor allem im Bereich der Beschläge vor. Schwer gängige oder klemmende Beschläge verursachen Funktionsstörungen.

Die Funktion der Beschläge ist teilweise stark beeinträchtigt. Sie müssen gereinigt, überarbeitet und neu eingestellt werden. Fehlende Teile sind bestandsgerecht zu ergänzen, defekte Beschläge müssen repariert oder ersetzt werden. Die vorhandenen Dichtungsprofile sind zum Teil verhärtet und bieten keinen Schutz mehr vor Zugluft. Bei einigen Fenstern wurde die Scheiben ausgetauscht. Ein Teil der Glashalteprofile wurden dabei verbogen oder zerkratzt bzw. wurden nicht mehr montiert.

Die vorhandenen Schäden und Mängel sind reparabel. Zugerscheinungen und mangelnder Dichtschluss können durch den Austausch der Dichtungsprofile in den Rahmenfälzen sowie durch Einstellen der Beschläge behoben werden.



Isolierglas bauzeitlich 1967



Isolierglas erneuert

Konzept zur Instandsetzung und Verbesserung des bauzeitlichen Fensterbestandes

Die Fensterelemente befinden sich in einem guten Zustand. Schäden resultieren aus Alter und Nutzung und sind reparabel. Mängel wie Kondensat Bildung hängen mit den thermisch nicht getrennten Aluminiumprofilen zusammen und können nur mit additiven Maßnahmen wie anbringen einer Dämmung auf der Außenseite oder einem Einbau von Innenfenstern verbessert werden.

Restaurierungs– und Arbeitskonzepten im Baudenkmal zugrunde liegen die in der Charta von Venedig formulierten Grundsätze für Arbeiten in der Denkmalpflege.

Es sind dies:

- Beschränkung der Maßnahmen auf das Notwendige
- soweit möglich reparieren, nicht erneuern
- Reparieren in historischen Materialien und Techniken
- Beachtung der Reversibilität
- Dokumentation

1. Grundlegende Instandsetzungsarbeiten aller bauzeitlichen Fenster– und Türelemente

- beschlagstechnische Überarbeitung mit Befestigen, Einstellen und gangbar machen der Beschläge
- Erneuern der verbogenen, beschädigten bzw. abgängigen Glashalteprofilen
- Auswechseln von beschädigten Scheiben und Gläser
- Prüfen und soweit notwendig Wiederherstellen der Funktionsfähigkeit der beweglichen Teile
- erneuern der Dichtungsprofile

2. Verbesserungen

- Klimatechnische Verbesserungen durch vorsetzen einer gedämmten Vorsatzschale auf Flügel und Rahmen.
- Austausch der bauzeitlichen Isolierverglasungen
- Austausch der Dichtungsprofile

Gebäudeansichten

Südfassade

Nordfassade mit raumhohen Fensterelementen im Erdgeschoß

Gebäudeansichten

Westfassade

Innenhof

Fensterelemente vor Bewegungsflächen wie Flure und Treppenhäuser

Am Gebäude Wessenbergschule in Konstanz ist der bauzeitliche Fensterbestand noch in situ und nahezu in toto vorhanden.

Es handelt sich um Systemfenster je nach Räumlichkeit als Festverglasung raumhoch, Fensterelemente mit Dreh/Kipp– und Kippflügel im Wechsel mit Festverglasungen und Brüstungspanel oder Oberlichtbänder ausgeführt.

Fensterelemente im Erdgeschoß Südseite

Ansicht von Innen

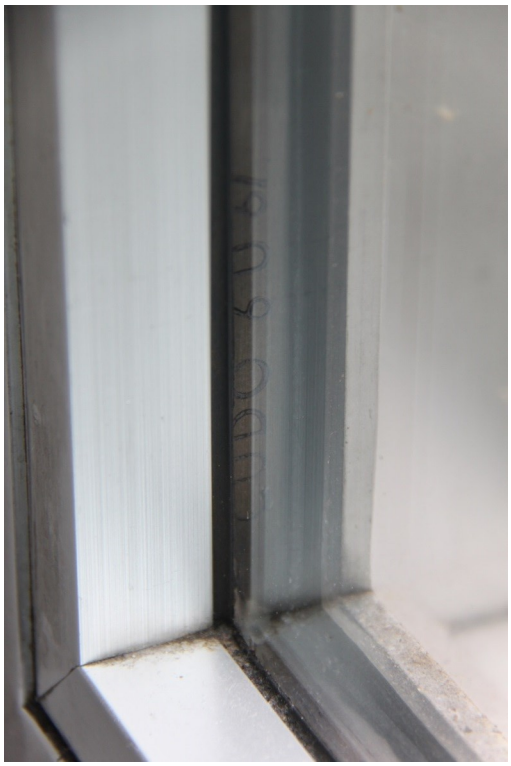
Innenanschlüsse,
Sims, Brüstungspanel

Ansicht von außen, mehrteilige Fenster als Fassadenelement mit integriertem Brüstungspanel, Festverglasungen im Wechsel mit Drehflügel

Fensterelemente im Erdgeschoß Südseite

Details Fensterkonstruktion

Pfosten mit Drehflügel links und Fest-verglasung



Bauzeitliches Isolierglas

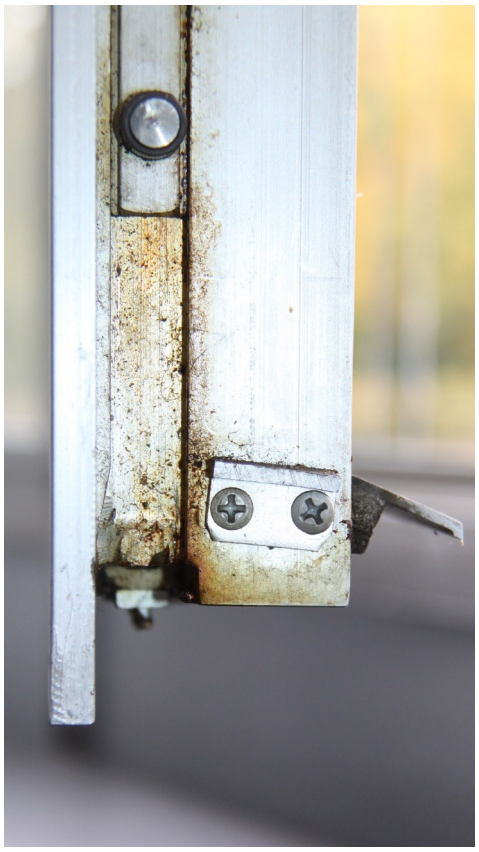
Detail Festverglasung

Aluminiumprofil mit Wetterschenkel

Bestand Bauzeitliche Fenster Südfassade

Einfache aufgeschraubte Beschlags Technik

Fenstergriff



Kantengetriebe

Getriebe, verschraubter Wetterschenkel

Schließteile am Rahmen, Schließhaken und Rollkloben

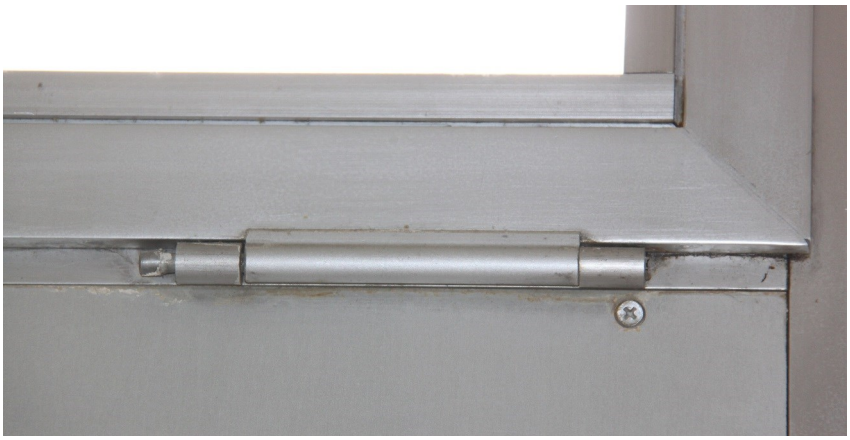
Südfassade Fenster im 1. und 2. Obergeschoß
Menge: 9 Stück,

Fassadenelemente über 2 Stockwerke mit Dreh-, Kippflügel und Festverglasungen

Gitterrost aus Aluminium

Fensterelemente, die Oberlichter sind mit Einfachverglasung ausgeführt

Südfassade Fenster im 1. und 2. Obergeschoß
Details Beschläge



3-teiliges Fensterband

Mechanischer Oberlichtöffner

Fenstergriff

Südfassade Fenster im 1. und 2. Obergeschoß
Details Riegelbereich, Sondage

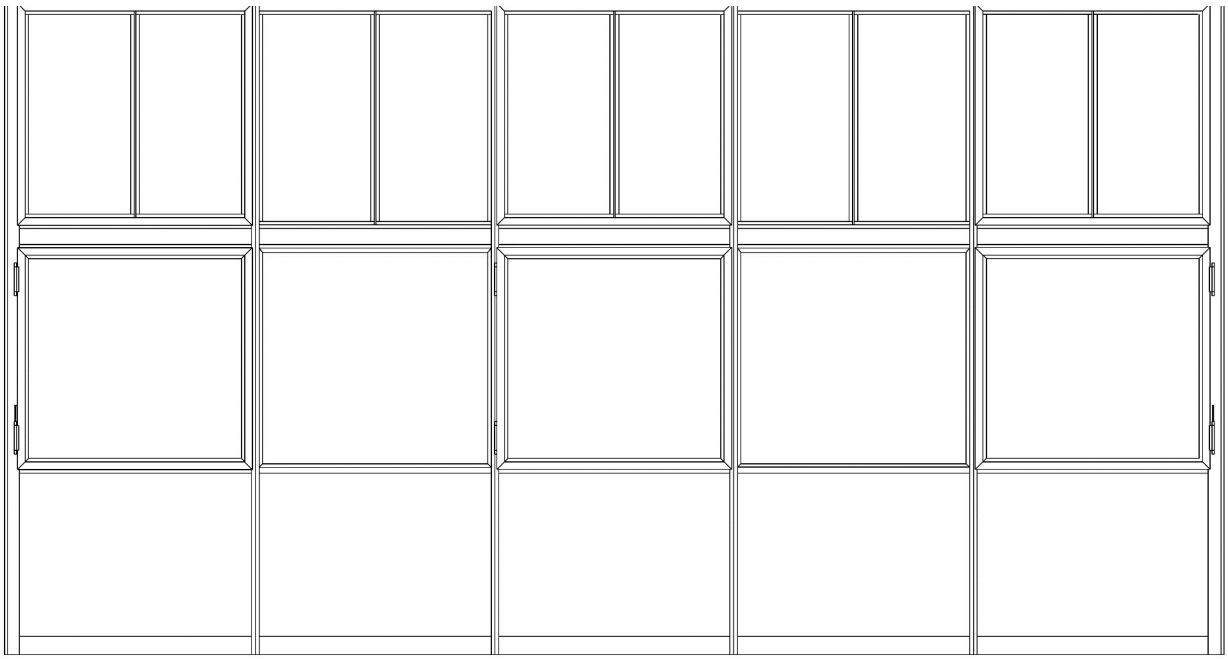
Beim Rückbau der Verblendung wurde ein ungedämmter Hohlraum vorgefunden.

Die Einfachscheibe im Oberlicht wurde mit einer Folie beklebt.

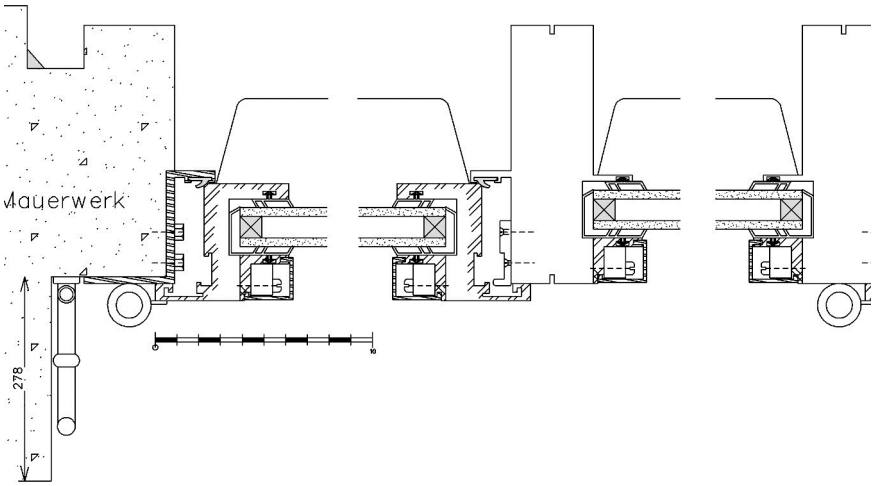
Durch die Folie ist die Verglasung ungleichmäßig trüb.

Ungedämmter Hohlraum im Riegelbereich

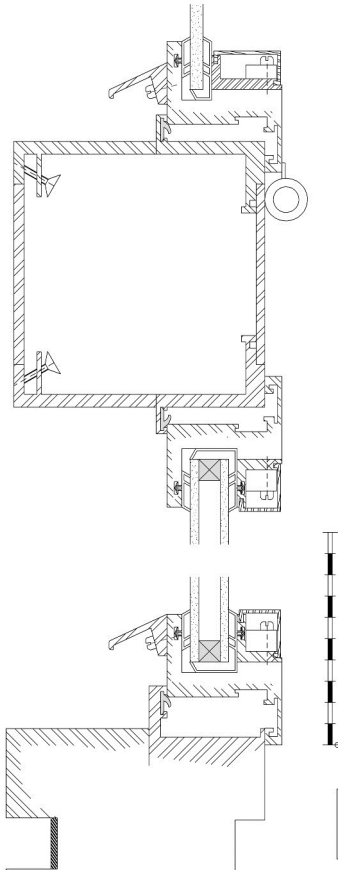
Südfassade Fenster im 1. und 2. Obergeschoß
Zeichnerische Bestandsaufnahme



Ansicht von Innen

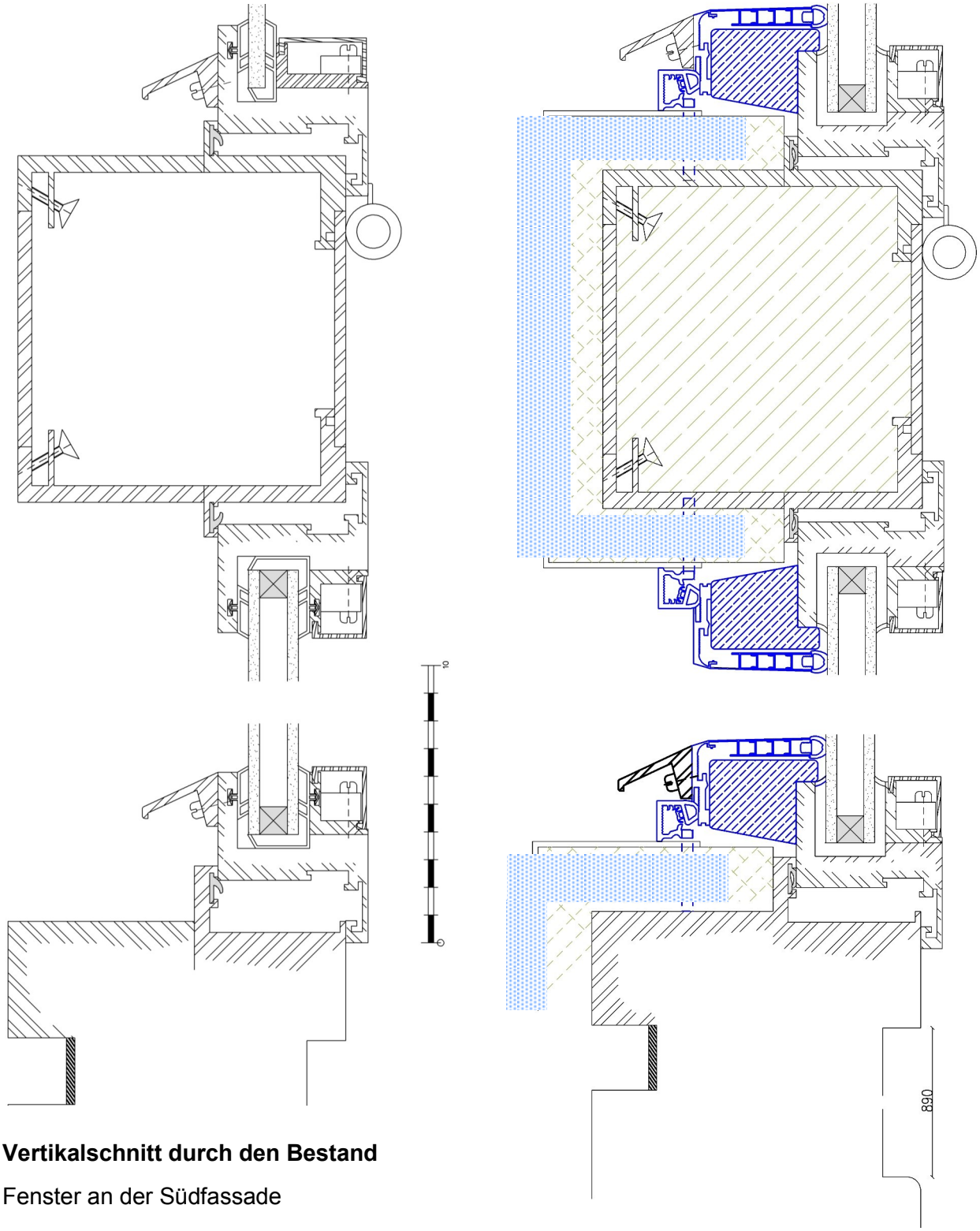


Horizontalschnitt durch den unteren Drehflügel und Festverglasung



Vertikalschnitt

Südfassade Fenster im 1. und 2. Obergeschoß
Zeichnerische Bestandsaufnahme unten links
Vorschlag für klimatechnische Verbesserung unten rechts



Vertikalschnitt durch den Bestand

Fenster an der Südfassade

Klimatechnische Verbesserung durch Aufsetzen einer gedämmten Schale auf der Außenseite der Fensterrahmen und Flügel

Südfassade Fenster im 1. und 2. Obergeschoß

Oberlichtbänder in den Klassenräumen im 1. und 2. Obergeschoß,
Festverglasungen im Wechsel mit Klappflügel

Ausstellgestänge

Kurbelantrieb

Nordfassade Klassenraum

5-teilige Fensterbänder an der Nordfassade mit Drehflügel und Festverglasungen im Wechsel

Ansicht Innen

Ansicht von Außen

Flur zum Innenhof, raumhohe feststehende Fensterelemente teils mit Oberlichtklappflügel

Systemelemente Innenhof, Fensteranschlussdetails

Die Bänder der nach außen öffnenden Klappflügel werden durch ein überstehendes Aluminiumprofil geschützt

Einzelfenster, Lochfenster

1-flüglige Dreh/Kippfenster an den seitlichen Fassaden

Systemabwicklung Erdgeschoß

Bestand Nordseite, Fensterelemente Bodentief,

Festverglasungen und Drehflügel im Wechsel

Bauzeitliches Isolierglas datiert mit 6/67

Teilweise mit mechanisch bedienbaren Belüftungen in den Festverglasungen

Eingangstüren, Türelemente

2-flüglige Eingangstüren mit seitlichen und oben liegenden Festverglasungen

Haupteingangstüre mit 2 Stück 2-flügligen einfachverglasten Türen

2-flüglige Türe, Stoßleiste aus Holz wird auch in der Festverglasung aufgenommen

Detail Mittelbund mit Drücker-garnitur

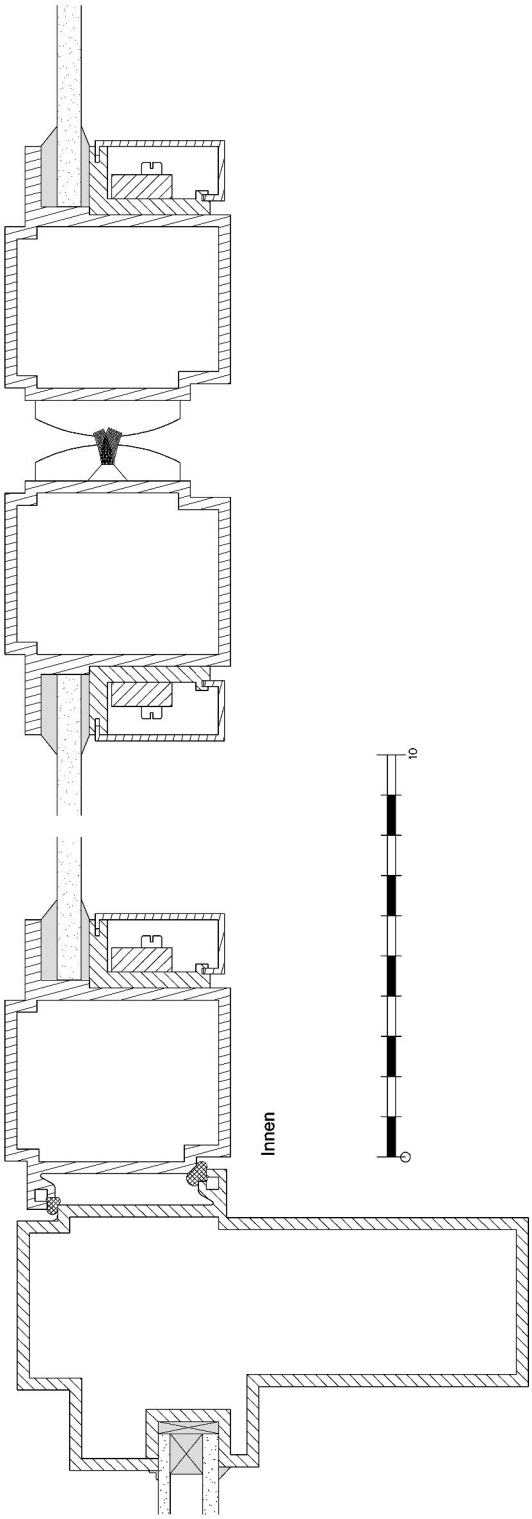
Zapfenband

Eingangstüren, Türelemente

2-flüglige Eingangstüren mit seitlichen und oben liegenden Festverglasungen

Die Türflügel sind einfach verglast

Zeichnerische Bestandsaufnahme



BV: #2963
Wessenbergschule
Konstanz
Fenster 1005

Maßstab 1:2 / 1:20
Datum 05.12.2012

Holzmanufaktur
Rottweil

Hermann Klos
Günther Seitz

Tel. 0741 - 94 20 06-0
www.hemie-rw.de

Rostsanierung und
Rekonstruktion von
Holzausstattungen

Einzelelement

Bereits erneuertes Element mit Außentüre an der Ostfassade

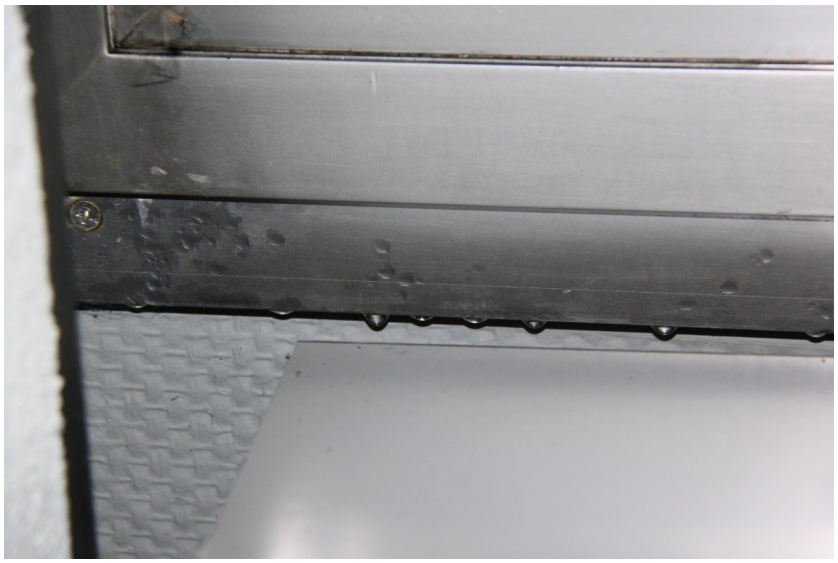
Neues Fensterelement Innenansicht

Neues Fensterelement Außenansicht

Systembedingte Mängel

Mängel bedingt durch Aluminiumprofile ohne thermische Trennung

Bildung von Kondenswasser auf Rahmen und Flügelprofilen



Schäden, Mängel durch Alterung

Die bauzeitlichen Fenster befinden sich in einem guten, benutzten Zustand, vorhandene Schäden sind reparabel

Alte, harte Dichtungsprofile bieten keine Fugendichtigkeit mehr.

Erneuerte überlappende Dichtungsprofile verursachen Funktionsstörungen

Bei Undichtigkeiten wurde sich durch abkleben mit Gewebeband beholfen.

Schäden, Einzelschäden und Mängel

Mängel nach Glasaustausch

Beim Austausch von Scheiben wurden teilweise die Glasstäbe nicht mehr montiert

Glasbruch durch mechanische Beschädigung

Schäden
Einzelschäden

Verbogene Profile durch mechanische Einflüsse

Zerkratze aufgebogene Glashalteleisten, teilweise mit scharfkantigem Grat

Verbogene, stark verschmutzte Jalousien

Schäden
Einzelschäden, Mängel

Riss an der Glasleiste wurde geklebt

Die Glasleiste wurde gelöst und nicht mehr sachgemäß montiert

Fehlender Griff

Rost im Bereich der Beschläge

Schäden
Einzelschäden, Mängel

Aluminiumprofil für konstruktiven Wetterschutz fehlt teilweise am unteren Flügelquerschnitt

Abgängige Glasleiste

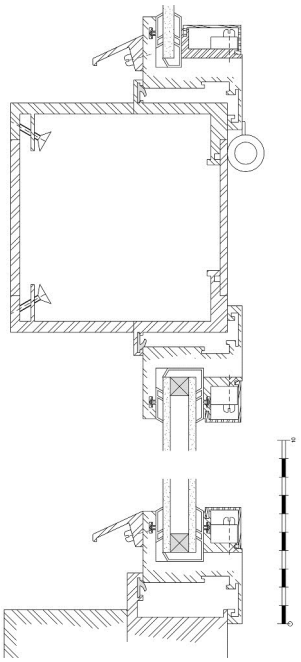
Schwergängigkeit von Beschlägen führt zu Fehlbedienung, Fensterflügel sind nicht ganz oder gar nicht verschlossen

Schäden
Einzelschäden, Mängel

Anschluss Feststehende Elemente/Festverglasungen

Die Putzanschlüsse scheinen teilweise brüchig und müssen bei Undichtigkeiten nachgebessert werden.

Standard– und Systemfenster



1. Aluminium
Die vorhandenen Fenster sind aus Aluminium gefertigt
Die verwendeten Profile sind standfest. Die verwendeten Querschnitte sind zeittypisch. Die Querschnitte weisen keine thermische Trennung auf.

2. Glas
Die Fenster und Festverglasungen sind überwiegend noch mit bauzeitlichem Isolierglas ausgestattet. Ein Teil der Oberlichter ist einfachverglast und mit Folie beklebt.

3. Beschläge
Zeittypische Beschläge wie Stangengetriebe, Fenstergriffe aus Aluminium, Kippscheren und Gestänge für Klappflügel

4. Oberfläche
Die Aluminiumprofile sind unbeschichtet und unbehandelt

5. Konstruktion/Querschnitte/Profile
Konstruktion, Querschnitte und Profile sind bei allen Fenstern zeittypisch.
Die Aluminiumprofile sind kantig, die Glasstäbe sind über die Verschraubung aufgesteckt.

6. Funktion
Die Fenster besitzen Dreh/Kipp–, Klapp- und Kippflügel, die durch Stangengetriebe verschlossen sind.
Die Fenster erfüllen überwiegend die ihnen zugedachte Funktion der Belichtung und Belüftung.

7. Dichtungen
Der bauzeitliche Fensterbestand ist mit einer Dichtungsebene gefertigt. Altersbedingt sind die Dichtungsprofile hart und müssen erneuert werden. Zugerscheinungen und mangelnder Dichtschluss können durch den Austausch der Dichtungsprofile behoben werden.

8. Funktionswerte der Fenster

8.1 Wärmeschutz

Der Ug-Wert von Aluminiumfenster liegt bei 3,5—4,3 W/m²K . Bei den Wertangaben handelt es sich um Vergleichswerte, Messungen wurden keine durchgeführt. Für Fensterbestände in Altbauten gibt es keine definierten Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten. Bei Fensterneuanfertigungen nach neuestem technischem Standard liegt der U-Wert bei 1,5 W/m²K. Der Fugendurchgangskoeffizient (a-Wert) der Fenster liegt bei 1,0-4,0 m²/Hm.

Der für eine Gebäudehöhe über 8 m vorgeschriebene heutige a-Wert liegt bei 1,0 m²/Hm. Der mangelnde Dichtschluss der Fenster führt zu Zugerscheinungen.

Die Fenster können durch den Einbau von entsprechenden Gläsern und weiteren Maßnahmen wärmetechnisch verbessert werden.

8.2 Schallschutz

Es wurden keine Schallmessungen vorgenommen. Analog zu vergleichbaren Fensterkonstruktionen sind die Fenster der Schallschutzklasse 2 zuzuordnen.

8.3 Schwitzwasserfreiheit

Die Rahmen der Aluminiumfenster neigen Material bedingt zu Bildung von Kondenswasser.

8.4 Schlagregendichtigkeit

Bei den vorhandenen Fenstern ist konstruktionsbedingt bei starkem Schlagregen und entsprechendem Winddruck mit Undichtigkeiten zu rechnen.

Allgemeine Maßnahmen
Notwendige Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung des historischen Fensterbestandes

Erfassung und Nummerierung
Nummerieren aller Fenster entsprechend der in den Grundrissen eingetragenen Nummerierung.

Ausbau
Die Fenster können in situ überarbeitet werden. Hierdurch sind aufwändige Anschlussarbeiten ausgeschlossen.
Die beweglichen Teile können in der Werkstatt oder vor Ort überarbeitet werden. Rahmen und Futter bleiben in situ und werden im Gebäude überarbeitet.

Instandsetzungsarbeiten und größere Reparaturarbeiten sind nur in geringem Umfang an wenigen Fenstern notwendig. Instandhaltung– und Einstellarbeiten und das Einziehen bzw. das Austauschen von Dichtungen sind an allen Fenstern notwendig.

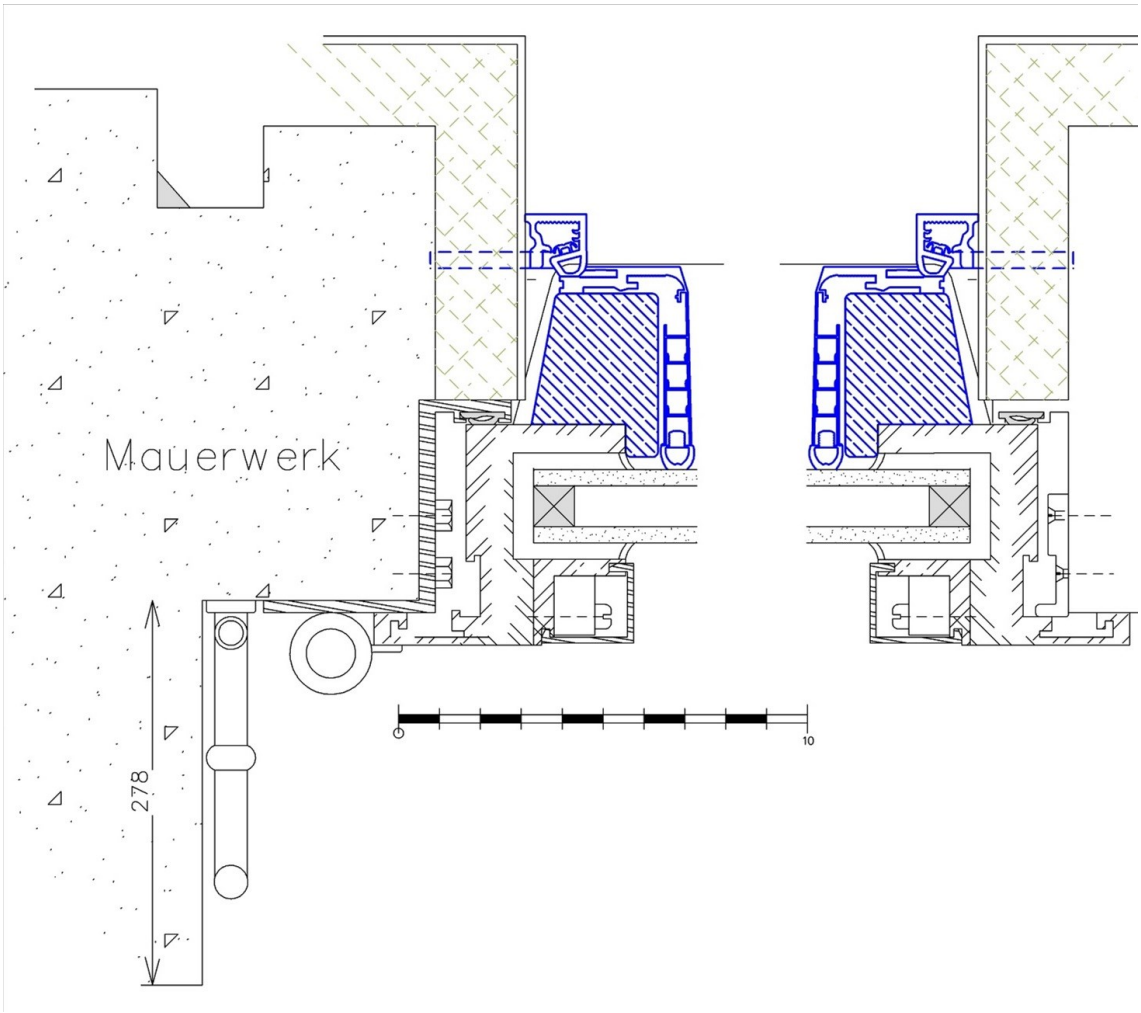
Wartungs– und Pflegedurchgang mit Einstellen und Überarbeiten von Beschlägen, Gangbarmachen der Verschlusstechnik und Wiederherstellen der Dichtigkeit.

Ergänzen abgängiger Profile wie Wetterschienen und Glasleisten, entgraten von verbogenen, beschädigten Profilen wie Glasleisten zur Vermeidung von Verletzungen.

Maßnahmen zur Verbesserung der Funktionswerte der Bauzeitlichen Fenster

Die Fensterkonstruktionen aus Aluminium aus der Zeit um 1967 können funktionstechnisch verbessert werden durch die Erneuerung der umlaufenden Dichtungsebene und den Austausch der bauzeitlichen Isolierverglasung mit einem Ug-Wert von 3,0 gegen eine moderne Scheibe mit einem Wert von ca. 1,0 W/m²k. Der größte Schwachpunkt der Fenster mit großem Energieverlust stellt allerdings die Konstruktion aus nicht thermisch getrennten Aluminiumprofilen dar. Hierfür schlagen wir eine außenliegende Ummantelung der Fensterkonstruktion an Flügel und Rahmen der Fensterelemente. Diese Maßnahme muss zur Prüfung der Machbarkeit und Erstellen eines Kostenrahmens vorab bemustert werden.

Eine Dämmung der Hohlräume im Riegelbereich der Fenster an der Südseite ist dringend notwendig.



Zeichnungen: Holzmanufaktur Rottweil

Vorschlag

Klimatechnische Verbesserung durch montieren einer gedämmten Vorsatzschalung

Abschließende Bewertung

Im gesamten Gebäude ist der Fensterbestand von 1967 in situ und in toto erhalten. Zur intakten Gesamtsituation zählen Fensterinnen- und Außenbekleidungen und Innen– und Außensimse. Die Baubegehung hat ergeben, dass es sich um hochsolide Fenster handelt, die seit nunmehr über 45 Jahren weitestgehend problemlos ihre Funktion erfüllen.

In der Dokumentation werden Möglichkeiten aufgezeigt, die Fenster funktionstechnisch zu verbessern. **Wir raten dringend vor weiteren Planungsarbeiten und die Kostenerfassung die Bemusterung der vorgeschlagenen Maßnahme.**

Ergänzender Aspekte zum Thema „Umgang mit Bauteilen“

Neben den reinen tabellarischen Rechenwerten zu Wärmekoeffizienten von Bauteilen werden im vorliegenden Gutachten im Weiteren berücksichtigt:

Der Ökologische Rucksack
Der „ökologische Rucksack“ kennzeichnet die Menge an Stoffen, die der Umwelt entnommen wird um einen bestimmten Gegenstand zu erzeugen. MIPS (Material– Input pro Einheit Service) misst den Energie und Rohstoffverbrauch, der für ein bestimmtes Produkt oder eine Leistung aufgewendet werden muss. Je kleiner der MIPS-Wert ist, umso kleiner ist der ökologische Rucksack.

Allein diese Tatsache bedingt, dass sich ein Fensteraustausch an den Gebäuden des Dillmanngymnasiums über einen langen Zeitraum nachteilig auf die Gesamtökobilanz der Maßnahme auswirken würde.

Der ökologische Rucksack eines Aluminium–Fensters beginnt hier in einer australischen Bauxit-Mine.

Der Faktor X: Ressourcen intelligenter nutzen
Mehr Wohlstand aus weniger Natur erzeugen: Die Steigerung der Ressourcenproduktivität um den Faktor X gehört zum Kernbestand jeder zukunftsfähigen Entwicklung. Allein im Sektor Bauen und Wohnen werden rund ein Drittel der gesamten Ressourcenströme (Materialien und Energie) zum Bauen neuer Häuser und Wohnungen, für Ausbau und Instandhaltung bestehender Gebäude verbraucht.

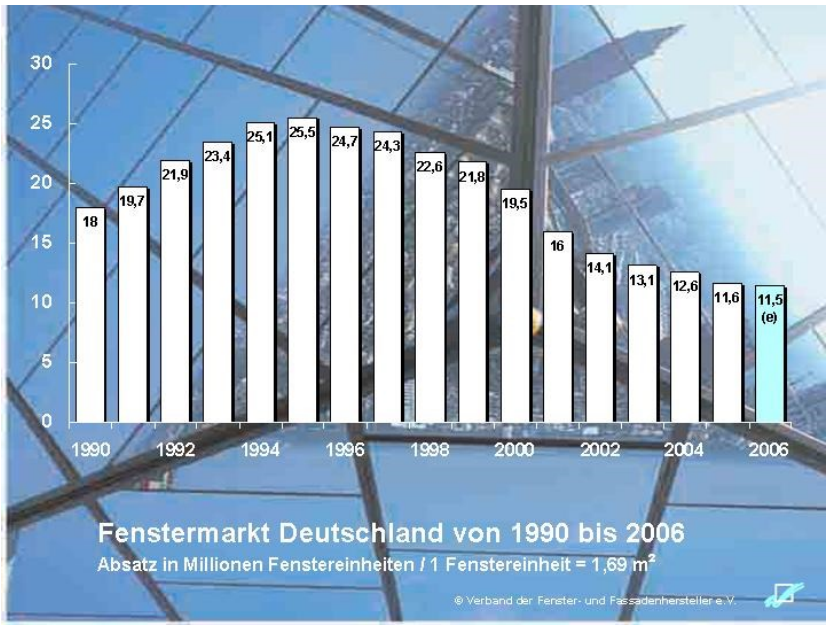
Bisher werden in der Bauwirtschaft in immer kürzerer Zeitfolge vorhandene Produkte durch neue ersetzt und damit immer größere Ressourcenströme verursacht.

Die Ressourcenproduktivität kann deutlich verbessert werden durch Erhalt und Pflege des Bestandes sowie durch die Beibehaltung qualitativ hochwertiger Bauweisen, die eine geringe Materialintensität haben und wenig Abfall produzieren.

Bild der Universität Dresden zum ressourceneffizienten Einsatz von Bauholz. Quelle: Fona.de (Forschung und Innovation für eine nachhaltige Entwicklung und neues Wachstum)

Der Bumerang-Effekt
Das Grundmuster des Bumerang-Effektes hat sich aus den Zeiten der industriellen Revolution bis heute erhalten:
Effizientere Technik ermöglicht zwar eine Ressourceneinsparung im Einzelnen. Die Entlastung wird aber per Saldo nicht wirksam, da der Ressourcenverbrauch durch das stärkere Wachstum der Wirtschaftsleistung insgesamt überkompensiert wird. So hat die Energieeffizienz seit 1800 in den industrialisierten Ländern etwa 1,3% pro Jahr zugelegt. Im selben Zeitraum betrug das Wirtschaftswachstum jährlich rund 3%, also ein Anstieg um den Faktor 200. (Quelle: Aachener Stiftung , Kathy Beys)

Beispiel Fenster
Seit den 70er Jahren des 20.Jahrhunderts gehört das Fenster zum Verschleißbauteil. Es wird in allen seinen Komponenten gefertigt mit einer Nutzungserwartung von 15—20 Jahren, um dann komplett dem Müll zugeführt zu werden. Ein Großteil des Müllaufkommens ist dem Baubereich zuzuordnen (in Deutschland ca. 44 Mill. Tonnen im Jahr).



Die höchste Prosperität erreichte der deutschen Fenstermarkt im Zuge des Aufbaus Ost. Hier wurden Mitte der 90er Jahre jährlich gut 25 Mill. Fenstereinheiten mit je 1,69 qm gefertigt.

In Gesamtdeutschland gibt es 7,7 Mill. Nichtwohngebäude und 14,8 Mill. Wohngebäude mit einem gesamten Fensterbestand von 1,061 Milliarden Einzelfenstern. Hiervon entsprechen alle vor 1995 gefertigten Fenster nicht mehr der aktuellen Wärmeschutzverordnung, das heißt ca. 900 Mill. Fenster. Diese werden vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller als nicht sanierungsfähig eingeschätzt. Viele hundert Millionen Fenster gelten als veraltet und müssten erneuert werden.

Fazit
Intelligente, vor allem ökologisch intelligente Modelle und Konzepte prüfen zunächst einmal die Möglichkeiten von Bestandserhaltung, Pflege und Verbesserung.
Unter Berücksichtigung vorstehend genannter Aspekten wie ökologischer Rucksack, Ressourcenproduktivität, Umweltschutz kann die Bestandserhaltung der Fenster sinnvoller als Neuanfertigung und Austausch sein

Literatur

Literaturangaben der Holzmanufaktur

Hermann Klos, Restaurierungsethische Grundsätze und ihre baupraktische Umsetzung am Beispiel des Bauteils Fenster in: Ulrich Arnold, Tobias Huckfeldt, Hans-Joachim Wenk (Hrsg.) Holzfenster und –türen Band II, Köln 2012, S. 213 - 239

Hermann Klos
Metallfenster
in: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege
Baden-Württemberg
Hrsg. Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 2/2012

Hermann Klos
Historische Fenstertypen
In: Restauro, Forum für Restauratoren, Konservatoren und Denkmalpfleger, Callwey Verlag München 1/2012

Hermann Klos
Die historischen Holzausstattungen in: Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Esslingen 2011, Heft 9 der Reihe Kulturdenkmale in Baden-Württemberg, Schloss Köngen, S. 66-73

Hermann Klos
Kastenfenster
In. Nachrichtenblatt des Landesdenkmalpflege
Baden-Württemberg
Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 4/2010

Rolf-Dieter Blumer / Gertrud Clostermann / Hermann Klos / Andreas Menrad / Markus Numberger
Die Reithalle bei Schloss Taxis in Dischingen-Trugenhofen
Eine Restaurierungsgeschichte
in: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege
Baden-Württemberg
Hrsg. Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 3/2010

Hermann Klos
Schwing– und Wendeflügel
In: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege
Baden-Württemberg
Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 4/2009

Hermann Klos
Am Anfang war das Pulver—Zur einzigartigen Geschichte
Des historischen Industrieareals „Neckartal“ bei Rottweil
In: Schwäbische Heimat 60. Jahrgang, Heft 2
April—Juni 2009

Hermann Klos, Günther Seitz
Verbundfenster
In: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege
Baden-Württemberg
Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 2/2009

Hermann Klos,
Historische Entwicklung von Glasfensterverschlüssen
In : Tobias Huckfeldt, Hans-Joachim Wenk (Hrsg.)
Holzfenster. Konstruktion, Schäden, Sanierung, Wartung
Köln März 2009

Literatur

Hermann Klos
Vertikalschiebefenster
Schieben statt Drehen
In: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege Baden-Württemberg
Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 2/2008

Hermann Klos
Panzerfenster –eine fast vergessene innovative Fensterkonstruktion
Der weite Weg zum Isolierglasfenster
In: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege Baden-Württemberg
Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart Ausgabe 1/2008

Hermann Klos
Nach 400 Jahren immer noch im Dienst – und noch lange kein Ende in Sicht
Überlingens letzte Renaissancefenster
in: Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege Baden-Württemberg Hrsg.: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart 1/2007

Hermann Klos / Günther Seitz
„Loch in der Wand – Auge des Hauses“
13 historische Fenster in Südwestdeutschland
in Fenster im Baudenkmal – Tagungsbeiträge
Hrsg.: Pax-Classic GmbH, Berlin 2004

Hermann Klos
Der Fensterverschluss vor 1700
in: Historische Ausstattung, Jahrbuch für Hausforschung, Band 50
Hrsg.: Arbeitskreis für Hausforschung Marburg 2004

Hermann Klos
Zur Kulturgeschichte des Fensters
Anfang und Ende – Faszination und Wahnsinn;
in: Fenster im Baudenkmal, Tagungsbeiträge
Hrsg.: Pax-Classic GmbH, Berlin 2004

Hermann Klos
Zustand und Restaurierung der Fenster des Justizgebäudes
in: Festschrift 100 Jahre Justizgebäude, 100 Jahre Justiz im Gebäude
Hrsg.: Johannes Kerth, Theo Falk, Landau i. Pfalz 2003

Hermann Klos / Volker Caesar
Schloss Montfort in Langenargen:
Nach rot jetzt wieder steinfarben – der Umgang mit
Fenstern und ihre bauzeitliche Farbgebung
in: Nachrichtenblatt des Landesdenkmalamtes Baden-Württemberg
Hrsg.: Landesdenkmalamt Baden-Württemberg Ausgabe 4/2003

Hermann Klos / Günther Seitz
Das historische Fenster
in: „Steh fest mein Haus im Weltgebraus“
Denkmalpflege – Konzeption und Umsetzung
Hrsg.: Klaus Könner, Joachim Wagenblast
Stuttgart 1998

Hanna Baumann

Denkmalpflegerische Aspekte von Fensterkonstruktionen der 1960er Jahre

HTWG Konstanz
Wissenschaftliches Arbeiten
Prof. Dr.-Ing. Andreas Schwarting
Baugeschichtliches Seminar
Hanna Baumann 287020
Sommersemester 2015

Inhalt

1. Einleitung

In der heutigen Zeit ist der Denkmalschutz und die Denkmalpflege ein relevantes und aktuelles Thema.
Die ersten Fragen die man sich zu diesem Thema stellen sollte, sind: Was ist überhaupt ein Denkmal? Warum sind Denkmale so bedeutend für uns und was für Werte sind ausschlaggebend? Diese Gedanken behandelt Alois Riegel mit der Auseinandersetzung der Frage, welche Eigenschaften Denkmäler so wertvoll machen und welche Wertkategorien sie besitzen?
Aber auch die Stichworte Denkmalpflege und Denkmalschutz sind für Denkmäler wichtige Themen mit denen man sich auseinandersetzten sollte, um die Zeitzeugen vergangener Epochen angemessen zu bewahren. Der Denkmalschutz dient der Erhaltung, Instandsetzung und Pflege unseres baukulturellen Erbes. Um das Erbe unserer Vorfahren zu schützen und zu bewahren, bedarf es einer gründlichen Denkmalpflege unter Beachtung des Denkmalschutzgesetzes.
Baudenkmäler älterer Epochen weisen grundsätzliche Unterschiede zur Moderne auf. Bautechniken wie auch Materialien und die Weiterentwicklung energetischer Anforderungen eines Gebäudes, haben sich im Wesentlichen verändert. Trotz dieser Anforderungen soll der bestmögliche Erhalt des Originalzustandes eines Denkmals nicht außer Acht gelassen werden. In der Architektur der Moderne gibt es eine Vielfalt von Möglichkeiten und Herangehensweisen, um an den Standard der heutigen Zeit anknüpfen zu können und die Baudenkmäler zu erhalten. Doch um ein Gebäude in der heutigen Zeit optimal nutzen zu können und trotzdem die Architektursprache wie auch die originalen Bauteile dieses Gebäudes zu bewahren, bedarf es ein Feingefühl der angemessenen Pflege und einer energetische Anpassung an die heutige Zeit.

Diese Problematik soll anhand von Beispielen sanierter Fenster aus den 50er und 60er Jahren dargestellt werden. Die Fenster stehen häufig unter Denkmalschutz, können aber den energetischen Anforderungen von heute nicht gerecht werden. Der Erhalt dieser historischen Fenster ist sowohl für die Denk-

malpflege als auch für den Bestand der Gebäude von großer Bedeutung. Die Auflagen des Denkmalschutzes sind jedoch bei der Sanierung der Fenster unbedingt zu beachten. Hier kommt es zu einem Konflikt zwischen den gewünschten Energieeinsparvorgaben und den Anforderungen des Denkmalschutzes.
Anhand ausgewählter Beispiele von Schulbauten aus den 50er und 60er Jahren und den dort durchgeführten Lösungsansätzen, zeigt diese Arbeit verschiedene Möglichkeiten zum Erhalt der Fenster, aber auch die damit verbundenen Problematiken sowie die unterschiedlichen Herangehensweisen auf.
Der Überblick anhand dieser Beispiele wird genutzt, um einen geeigneten Lösungsansatz speziell für die Wessenbergschule in Konstanz zu formulieren.

2. ‚Denkmal‘

Ein Denkmal ist ein lebendiges Zeugnis jahrhunderte alter Geschichte und Kultur und wird anhand verschiedener Kategorien wie beispielsweise Kulturdenkmal, Baudenkmal oder Kunstdenkmal untergliedert. [1] Der Begriff Denkmal ist der allgemeine Begriff für schützenswerte Objekte unserer Vergangenheit und die Erhaltung denkwürdiger Gegenstände die dem öffentlichen Interesse dienen.
Bauwerke stehen aus historischen Gründen unter Denkmalschutz und besitzen einen hohen Erinnerungswert auf den nicht verzichtet werden sollte. Gebäude aus vergangenen Epochen verzeichnen die wirtschaftliche, politische und soziale Entwicklung, aber auch der Baustil, die Verwendung der Materialien und das menschliche Wirken in der Vergangenheit, sind ausschlaggebend für unsere Gesellschaft. [2, 3]
„Kulturdenkmale sind immer eine Art Anker von rasanten Veränderungen geprägten Zeiten.“ *(Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden- Württemberg 2012, S. 7)*

2.1 Denkmalwerte (Alois Riegl)

Alois Riegl, Wiener Kunsthistoriker, ist eine der wichtigsten Theoretiker für die Definition des neuen Denkmalbegriffs. Er setzte sich in der vergangen Zeit mit der grundsätzlichen Frage auseinander, was Baudenkmäler für uns so wichtig erscheinen lässt. Nach Riegel besitzen Denkmäler auf der einen Seite „Erinnerungswerte“, die an Vergangenes erinnern und auf der anderen Seite den „Gegenwartswert“, dem das Bauwerk den modernen Bedürfnissen genügen soll. Diese wiederum unterteilt Riegl in verschiedene Themenbereiche:

1. Vergl. Hubel 2006, 2011, S.13
2. Vergl. Hubel 2006, 2011, S. 189
3. Vergl. Schrader 2001, S. 232

I. Erinnerungswerte:
    1. Der Alterswert
    2. Der historische Wert
II. Gegenwartswerte:
    1. Der Gebrauchswert
    2. Der Kunstwert:
        a) Der Neuheitswert
        b) Der relative Kunstwert

Der Erinnerungswert

Erst die Zeitspanne zwischen der Entstehung eines Bauwerks und des heutigen Zustandes ergibt den Erinnerungswert. Die Grundbedürfnisse eines Menschen sind, vergangenes greifbar zu machen. Der Erhalt von Denkmälern vergangener Zeit, die sogenannten Zeitzeugen, dienen dazu, die vergangenen Epochen zu begreifen und zu verstehen.

Hier unterscheidet Riegl wiederum zwischen dem historischen Wert, der nur für Wissenschaftler und interessierte Laien von Bedeutung ist. Dies trifft auf einen eher geringen Anteil der Bevölkerung zu.

Zum anderen zwischen dem Alterswert. Dieser Wert ist ein sogenannter Gefühlswert, der für alle Menschen zugänglich ist, egal in welcher Beziehung der jeweilige Mensch zu dem Bauwerk steht oder was für Vorkenntnisse jeder einzelne dazu hat. Alle Denkmale altern im Laufe der Zeit und hinterlassen Spuren der Zerstörung oder der Alterung eines Gebäudes, was bei jedem Menschen ein bestimmtes Gefühl oder eine Stimmung hervorruft. Altersspuren und Vergänglichkeit eines Gebäudes, machen es dem Menschen möglich, einen Bezug zur Vergangenheit herzustellen, um die Zeit in der das Bauwerk entstanden ist nachzuvollziehen. Nach Riegl ist es für den Menschen wichtig für seine Identifikation zu wissen, was in vergangen Zeiten geschehen ist, um die Gegenwart zu begreifen. Letztlich ist der Alterswert ein Verlustgefühl, das durch verloren gehende positive Erinnerungen hervorgerufen wird.

Der historische Wert
Umso besser ein Denkmal geschützt ist, desto besser kann man Informationen ablesen und umso höher ist auch der historische Wert. Umso mehr Beschädigungen und Verwitterungen das Bauwerk vorweist, desto weniger Informationen kann man daraus ablesen und es verliert so an historischem Wert. Der Fachmann oder die Fachfrau muss somit verschiedenste Hilfsmittel anwenden, um die fehlenden Lücken zu schließen. Das ganze Verfahren kann aber nur angewendet werden, wenn das Bauwerk noch möglichst unversehrt im Originalzustand vorzufinden ist.
Konsequenzen die daraus resultieren:
Das Denkmal selbst darf nicht angetastet oder verändert werden, da sonst seine Urkundenwürdigkeit in Frage gestellt wird oder sogar verloren geht. Eingriffe oder Wiederherstellungseingriffe werden nicht zugelassen, die dazugehörigen Informationellen dürfen nur in der Theorie rekonstruiert werden.

Um auch späteren Generationen diese historischen Informationen weiter zu geben , müssen verschiedene Methoden wie Konservierung, Reparaturen, konstruktive Sicherung, Schutz vor Verwitterung oder auch der Schädlingsbekämpfung angewandt werden, um ein Denkmal in seinem Originalzustand zu erhalten.

Durch den Anspruch der Konservierung steht der historische Wert im kompletten Gegensatz zum Alterswert, da der Alterswert vorschreibt das Bauwerk komplett unberührt zu lassen.
Daher müssen in der heutigen Zeit Kompromisse gefunden werden, um beiden Werten, die für ein Denkmal von äußerster Wichtigkeit sind, gerecht zu werden.

Die Gegenwartswerte können sinnliche Bedürfnisse befriedigen. Er entspricht dem Gebrauchswert, der einen Nutzen für das Denkmal fordert. Um so höher der Gebrauchswert ist, desto besser ist die Voraussetzung das Gebäude zu erhalten - Erhalt durch Nutzen.

Die Differenz zwischen Erinnerungswert und Gebrauchswert führt zu Konflikten. Der Erinnerungswert fordert den Erhalt des Originalzustandes, der Gebrauchswert hingegen die optimale Nutzung. Heutzutage wird Anpassung gefordert, um dem heutigen Standard gerecht zu werden, da der Gebrauchswert für den Erhalt des Gebäudes von großer Wichtigkeit ist.

Der Kunstwert hingegen befriedigt die geistigen Bedürfnisse wie die Ästhetik eines Denkmals.
Nach Riegl untergliedert sich der Bergriff Kunstwert in den Neuheitswert, mit dem das Denkmal ganz ohne Veränderungen und Beschädigungen auskommt. Um so besser das Denkmal erhalten ist desto besser ist der Neuheitswert ablesbar. Allerdings ist es eher schwierig ein Denkmal von vergangen Epochen noch in der damaligen Schönheit zu präsentieren. Daher verlangt auch der Neuheitswert Eingriffe, die das Gebäude wieder in den Originalzustand zurücksetzen können.

In der Gegenwart wird das Neue bevorzugt und als schön empfunden, während das Alte als hässlich und verbraucht wahrgenommen wird. So steht der Neuheitswert im direkten Gegensatz zum Alterswert.

Der historische Wert besagt, dass durch das Zurückführen in den ursprünglichen Zustand, neue Erkenntnisse über die Geschichte dieses Denkmals erhalten werden. Der Neuheitswert hingegen, betrachtet die ästhetische Qualität und den Erhalt der architektonischen Aussage. Gefährlich sind Verschmelzungen zwischen dem historischen Wert und dem Neuheitswert. Da es beim historischen Wert um die Erkenntnisse geschichtlicher Interessen geht, ist es oft notwendig, einzelne Elemente freizulegen, um wichtige historische Informationen zu erhalten. Dem Neuheitswert geht es eher darum ein einheitliches Kunstwerk zu erhalten, und fehlende Teile zu ergänzen, um ein einheitliches Bild zu rekonstruieren.

Der relative Kunstwert setzt sich wiederum mit der Veränderung der ästhetischen Maßstäbe, im Laufe der Jahre, auseinander. Beispielsweise wurde die Barockzeit in Riegls Lebenszeit verpönt, wenige Jahrzehnte später erkannte man allerdings die Qualität die zu dieser Zeit vorherrschte. Auch Bauten der 1950er und 1960er - Jahre erlebten erst in späterer Zeit Wiederanerkennung, da sich die Wertkategorien im Laufe der Zeit wandelten. Der Kunstwert ist daher nie absolut sondern relativ. Diese Umstände erschweren natürlich auch die Betrachtung eines Denkmales. Wird es als schön und ätherisch empfunden, so soll das Gebäude erhalten werden. Doch andere Denkmäler wiederum werden als misslungen bezeichnet und dann zerstört oder nachlässig behandelt. Meist wird dann erst später ihre Qualität erkannt. Daher sollte immer ein Denkmal mit subjektiven Meinungen beurteilt werden. [4]

2. 2. Denkmalschutz und Denkmalpflege

Die Aufgabe des Denkmalschutzes ist es sowohl geschützte als auch schützenswerte Objekte zu erfassen und diese zu listen. [5] Durch diese Listungen schützenswerter Bauten sind auch bestimmte Vorschriften zu beachten. Diese sind in den Denkmalschutzgesetzen der Länder rechtlich verankert und mit verschiedenen Auflagen und Genehmigungen verbunden. Der Denkmalschutz hat rechtliche Voraussetzungen geschaffen, um den Schutz von Bauwerken aus vergangenen Zeit auch in Zukunft zu wahren. Er gibt vor, in wieweit ein Gebäude oder ein Denkmal, je nach Alter und Seltenheit, verändert oder angetastet werden darf, um es angemessen zu erhalten. [6]

4. Vergl. Hubel 2006, 2011, S. 86ff
5. Vergl. Hubel 2006, 2011, S. 185
6. Vergl. Hubel 2006, 2011, S. 9

Auch einzelne Bauteile, wie beispielweise wichtige Details eines Bauteils, die für diese Zeit von großer Bedeutung waren, können unter Denkmalschutz gestellt werden. Da sie wichtige geschichtliche Informationen dieser Zeit liefern und so unterschiedliche Bauphasen der jeweiligen Epoche dokumentieren. Seien es Bautechniken oder architektonische Konzepte, die die Bauwerke aus verschiedensten Zeiten so schützenswert machen. [7]

Die Denkmalpflege ist verantwortlich für das Erhalten des übertragenen Erbes, um diese für die kommende Generation zu bewahren und vor dem Zerfall, der Zerstörungen oder der Beschädigungen zu schützen. [8,9]
Die Frage ist nicht, ob man ein Denkmal pflegen soll, sondern die Frage bist eher Wie?
Sollen Veränderungen und Anpassungen an die Moderne sichtbar gemacht werden, oder soll das Denkmal so gut wie möglich im Originalzustand erhalten bleiben zum Beispiel durch Restaurierung und Konservierung?
Auf was für einem Forschungsstand sind die Architekten unserer Zeit? [10]
Mit all diesen Fragen werden wir heute in der Gegenwart konfrontiert.
Vor allem gilt es, eine bewusste Auseinandersetzung mit dem Bauwerk und dieser Zeit zu ermöglichen, um es bestmöglichst in die Gegenwart einzugliedern.
Eine wichtige Voraussetzung, für den Erhalt der Denkmale, ist das die Gebäude kontinuierlich genutzt und gepflegt werden, wie der Satz „Erhalt durch Nutzung“ schon sagt: Nur wenn ein Gebäude genutzt wird, kann es auch gewissenhaft gepflegt und versorgt werden. Steht ein Bauwerk längere Zeit leer, so kommt es zu Schäden, die es schwer machen, den Bau in die Nutzung zurückzuholen oder es angemessen zu würdigen.

7. Vergl. Neumann 2003, S. 80f
8. Vergl. Vereinigung der Landesdenkmalpfleger 2011, S. 26
9. Vergl. Schrader 2001, S. 232
10. Vergl. Weiß 2012, S. 25ff

Für solche Nutzungen setzt sich die Denkmalpflege und auch die dazu nötigen zeitgenössischen baulichen Ergänzungen ein, die vor allem ohne Beeinträchtigung der historischen Substanz erreichbar sind. [11]
Erneuerung und Modernisierung eines Gebäudes gehören zu den wichtigsten und gleichzeitig auch zu den anspruchsvollsten Bauaufgaben in Deutschland. [12] Durch die Veränderung von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, sowie die daraus resultierenden Erfordernisse wächst der Druck nach Umbau und Anpassung bestehender Gebäude stetig. Viele Bauten sind aus heutiger Sicht veraltet und nicht auf dem neusten energetischen Stand, um das Bauwerk auch in der heutigen Zeit optimal nutzen zu können. [13] Es bedarf eines Kompromisses zwischen Erhaltung und Erneuerung unter Beachtung des Denkmalschutzes. Wichtig ist der intelligente und sorgfältige Umgang mit der vorhandenen Substanz, um eine akzeptable Lösung für die Zukunft zu finden, ohne das Bauwerk in seiner Beschaffenheit und seinem architektonischen Charakter zu verändern. [14]

2.3. Denkmalschutz, Gebäude der 60er Jahre

In der Nachkriegszeit, in den 50er und 60er Jahren, entstand in Deutschland durch den Babyboom, eine große Wohnungsnot und ein hoher Bedarf an Schulen, der einen sogenannten Bauboom oder auch Massenarchitektur zur Folge hatte. Heute wird diese Epoche größtenteils noch verpönt und als „Notfallarchitektur“ abgetan. Jedoch geben auch diese Bauten wichtige Information über deren wirtschaftliche, soziale und politische Lage, aber auch die dazugehörigen Bautechniken und Verwendung der Materialien dieser Zeit.

---

11. Vergl. Vereinigung der Landesdenkmalpfleger 2011, S. 30ff
12. Vergl. Wüstenrot Stiftung 2006, S. 3
13. Vergl. Weiß 2012, S. 26
14. Vergl. Wüstenrot Stiftung 2006, S. 3

Die 50er und 60er Jahre sind zwar noch nicht lange vergangen, Gebäude dieser Zeit gehören aber heute durchaus zu den schützenswerten Bauten. Das Bewusstsein für diese Bauten ist beim größten Teil der Bevölkerung noch nicht geschaffen und der Blick für diese Architektur noch nicht geschärft. Doch mit der Zeit entsteht Verständnis für frühere Generationen und deren experimentierfreudige Architektur, ihre gestalterische Vielfalt und ihre rationale Art, schwebende Leichtigkeit durch Filigranität und klare Rasterungen auszudrücken. [15]

Die Bauwerke dieser Zeit unterliegen dem großen Druck der Umnutzung, Sanierung oder sogar dem Druck das Gebäude abzureißen. [16] Trotz der Masse an Bauten die in diesen zwei Jahrzehnten entstanden sind, sind sie in den Denkmallisten unterrepräsentiert. [17] Die Erhaltung und Sanierung der Architektur der 1960er Jahre gehört zu den noch immer heiß umstrittenen, andererseits durch viele sichtbare Erfolge längst etablierten Aufgaben der Denkmalpflege.
Für die Gebäudesanierung stellen diese Bauten eine große Herausforderung dar, die Architektursprache, trotz technischer und bauphysikalischer Verbesserungen, zu erhalten, ohne dass die Konzeption dieser Bauten verloren geht. [18] Um das Gebäude nutzen zu können ohne sein Wesen und seine Ästhetik zu zerstören und so gut wie möglich zu erhalten, bedarf es einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Gebäude, der Geschichte und der Architektur dieser Zeit.
Transparenz und Filigranität waren in den 50er 60er Jahren von großer Bedeutung. Fenster waren ein ausschlaggebendes und aussagekräftiges Element, um die Architektursprache zu unterstreichen. Durch filigrane Profile und dünne Einfachverglasungen wird auch großen Bauwerken eine Art Schwerelosigkeit verliehen. [19]

15. Vergl. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft (BW) 2012, S. 7
16. Vergl. von Bultlar 2007, S. 28
17. Vergl. Hubel 2006, 2011, S. 148
18. Vergl. Ballhausen 41/2011, S. 20
19. Vergl. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft (BW) 2012, S. 17f

3. Fenster unter Denkmalschutz

3.1. 3-Stufen-Analyse

Um ein Bauwerk aus vergangenen Epoche mit einem gewissen Feingefühl analysieren zu können, gibt die sogenannte „Drei - Stufen - Analyse“ eine mögliche Herangehensweise. Sie wird in drei Kategorien unterteilt: Erfassen, Erhalten und Verändern.

Der Begriff Erfassen bedeutet, ein Bauwerk genau zu untersuchen und zu analysieren, um dadurch die geschichtliche Bedeutung zu dokumentieren. Das Bauteil Fenster kann beispielsweise durch die Aufteilung und verschiedenen Verbindungstechniken des Fensters sowie die Anschlussdetails an den Baukörper, erfasst werden.

Der zweite Begriff Erhalten bedeutet, das Bewahren einer Substanz, der Konstruktion oder der Bautechnik dieser Zeit. So kann zum Beispiel bei einem Fenster festgestellt werden, welche Art der Verglasung und welche Glaseinbautechnik angewandt wurden, um diese dann angemessen pflegen und erhalten zu können.

Der letzte Begriff befasst sich mit dem Verändern, so dass ein Gebäude auch in der Gegenwart funktionieren und optimal genutzt werden kann. Wichtig ist die Beachtung von Wärme-, Schall- oder brandschutztechnischen Anforderungen. Die Herausforderung dabei ist, Kompromisse zwischen Denkmalwert und zeitgemäßer Nutzbarkeit zu finden. [20]

20. Vergl. Demel 11/12 2014, S. 17f

3.2. Fenster als wichtiges Bauteil

Warum ist das Bauteil Fenster so ein wichtiges Element?
Das Bauteil Fenster gibt es schon seit vielen Jahrhunderten und ist ein wesentliches Funktions- und Gestaltungselement. Am Anfang der Geschichte des Hauses gab es keine Fenster. Die einzige Verbindung zwischen innen und außen war eine Türöffnung.
In der weiteren Entwicklungsgeschichte wurden Fenster erst nur als Durchlässe ausgebildet und zum Schutz vor Witterungseinflüssen wurden die derzeitig vorhanden Materialien wie Holz oder Tierhäuten verwendet. Der große Durchbruch war das durchscheinende Verschlussmaterial, das besonders wertvolle Glas. [21]

Fenster sind die Augen eines Gebäudes. Sie verfügen über die Fähigkeit eine Verbindung zur Außenwelt zu schaffen. Vom Inneren des Gebäudes kann man nach draußen blicken oder durch eine Gebäude hindurch. Es ist ein wichtiger kommunikativer Teil des Hauses. Das Fenster ist ein transparentes Bauteil mit so vielfältigen und wichtigen Funktion. Von der Belichtung und dem Durchblick über den Witterungsschutz bis hin zur Belüftung. Kein Bauteil ist so komplex und besitzt gleichzeitig so viele verschiedene und wichtige Funktionen wie das Fenster. [22]
Das Bauteil Fenster beeinflusst insbesondere das architektonische Erscheinungsbild und den ästhetischen Wert. eines Gebäudes. Es verleiht dem Gebäude einen Gesicht.[23]
Außerdem ist es ein wesentlicher Bestandteil und hat einen sehr hohen Zeugniswert, da das Fenster sehr viele Informationen über die Entstehungszeit und deren technische Fortentwicklung und der Handwerkskunst preisgibt.

21. Vergl. Neumann 2003, S. 65ff
22. Vergl. Gerner 1996, S. 75
23. Vergl. Demel 11/12 2014, S. 18

Daher sollte jedes Fenster aus seiner Entstehungszeit als Dokument des originalen Bestandes eines Gebäudes, erhalten werden. Die Instandhaltung der Fenster ist eine wichtige und wertvolle Aufgabe. Es bedarf einer hohe Pflege und Auseinandersetzung mit der Bausubstanz, der verschiedensten Epochen. [24]
„Fakt ist, dass man dem historischen Fenster keine moderne Funktion überstülpen kann, da es unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung des Kulturgutes Fenster nie besser werden kann als das Original.“ *(Schrader Mila 2011, S. 228f)*

3.3 Problematiken

Viele Fenster der Bauten aus den 60er Jahren, bestehen aus filigranen Stahlprofilen und ganz dünnen Einfachverglasungen. Es wurde viel Wert auf große Fensterflächen gelegt, um eine Transparenz zwischen innen und außen herzustellen. Durch die filigranen Profile und die dünnen Glasscheiben wird dem Gebäude eine optische Leichtigkeit verliehen. [25, 26]
Allerdings genügen diese Konstruktionen den heutigen Standards bei weitem nicht mehr. Durch die dünnen Stahlprofile und die Einfachverglasungen ist der sommerliche und winterliche Wärmeschutz nicht mehr gewährleistet. Der bauliche Wärmeschutz entspricht nicht mehr dem heutigen Mindestwärmeschutz, für die heute beabsichtigte Nutzung. Durch den heutigen Anspruch an Wärmedämmung, Dichtigkeit, Schall- und Brandschutz können einfach verglaste Fenster ohne oder mit sehr schlechter Dichtung nicht genügen. [27]
Das Fenster ist nach der Außenwand das Bauteil, das den höchsten Energieverlust aufweist.

---

24. Vergl. Schrader 2001, S. 232f
25. Vergl. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft (BW) 2012, S. 17f
26. Vergl. Cremer 3/2011, S. 144ff
27. Vergl. Schrader 2001, S. 224ff

Durch seine exponierte Lage und die filigrane Konstruktion, ist das Fenster in jeder Hinsicht der Verwitterung ausgesetzt. [28] Durch einfachen Austausch der Verglasung oder des gesamten Fensters sind die bauphysikalischen Anforderungen teilweise erfüllt, jedoch wird dadurch die Wahrnehmung historischer Lösungen verzerrt. [29]
Nun stellt sich die Frage, welche Lösungsansätze denkbar sind, um den Gebrauchswert des Gebäudes zu erhalten, ohne seine Architektursprache und die technischen Details der damaligen Zeit zu verändern oder gar zu zerstören?

3.4 Lösungsansätze

In der Weiterentwicklung der Sanierung historischer Fenster, gibt es aus Denkmalschützersicht, akzeptable und nicht akzeptable Lösungsansätze.
Die Herausforderung besteht darin, dass einerseits die heutigen energetischen Anforderungen erfüllt werden sowie auch die bauphysikalische Funktionalität gewahrt ist, anderseits die historische Substanz und das architektonische Erscheinungsbild erhalten bleibt. [30]
Für einfach verglaste Fenster gibt es verschiedenste Herangehensweisen, wie beispielsweise die Erweiterung zu einem Kastenfenster oder Verbundfenster, in dem eine zweite Fensterebene hinzugefügt wird. Denkbar wären auch in das vorhandene Profil eine neue Verglasung einzusetzen oder sogar den kompletten Austausch des Fensters. [31]

Kastenfenster: Das historische Fenster zum Kastenfenster erweitert. Auf der Innenraumseite des Fensters wird eine weitere Fensterebene hinzugefügt, sodass das äußere Erscheinungsbild erhalten bleibt und sich nur die Ansicht im Innenraum ver-

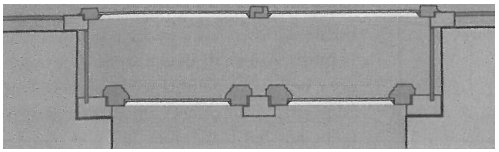


Abb. 1: Erweiterung eines historischen Fensters zum Kastenfenster

28. Vergl. Schrader 2001, S. 225
29. Vergl. Schrader 2001, S. 265
30. Vergl. Gerner 1996, S.81
31. Vergl. Demel 11/12 2014, S. 18f

ändert. Nachteilig ist, dass der Zwischenraum zwischen den zwei Fenstern durch kleine Bohrungen belüftet werden muss, um die Kondenswasserbildung zu vermeiden.

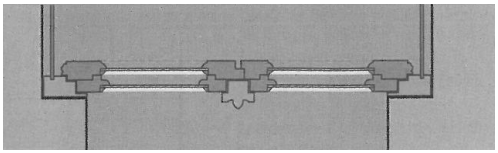


Abb. 2: Erweiterung eines historischen Fensters zum Verbundfenster

Verbundfenster: Bei dieser Konstruktion wird das Originalfenster mit einem neuen Fenster verbunden. So können die beiden Fenster gemeinsam geöffnet und geschlossen werden. Allerdings muss bei dieser Konstruktion darauf geachtet werden, dass die Beschläge ausreichend tragfähig sind. Der schmale Luftraum muss ebenfalls mit kleinen Bohrungen belüftet werden.

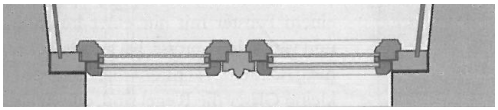


Abb. 3: Austausch der Verglasung

Austausch der Verglasung: Eine weitere Variante ist, den Originalrahmen zu erhalten und das vorhandene Glas gegen eine Wärmeschutzverglasung oder gegen eine Vakuumverglasung auszutauschen, um einen besseren Ug- Wert (Wärmedurchgangskoeffizient des Glases) zu erreichen. Der Nachteil ist, dass durch den großen Temperaturunterschied zwischen Profil und Verglasung, eine sogenannte Wärmebrücke entsteht die zu Tauwasserausfall führen kann.

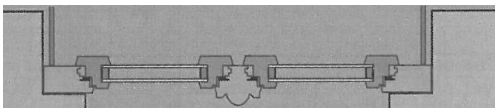


Abb. 4: Austausch des gesamten Fensters

Austausch des kompletten Fenster: Eine weitere aber durchaus ungewollte Lösung für ein denkmalgeschütztes Gebäude ist das gesamte Fenster auszutauschen. Nicht nur die Verglasung selbst sondern auch die Beschläge und Profile. Das hat den Vorteil, dass das Fenster wieder optimal abgedichtet ist und den energetischen Anforderungen entspricht. Allerdings besteht bei dieser Variante die Gefahr, dass zwischen Wand und Fenster sowie an den Außenwänden und Ecken durch die Dichtigkeit und den besseren U- Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) des Fensters Tauwasserausfall stattfinden kann und somit Schimmelgefahr besteht. Außerdem erfolgt hier der stärkste Eingriff in Originalität des Gebäudes und den Erhalt der architektonischen Qualität, was historische Gebäude so schützenswert macht. [32]

32. Vergl. Gerner 1996, S.81

4. Beispiele sanierter Fenster von Gebäuden aus den 1950er und 1960er Jahren

Anhand aktueller und ausgewählter Beispiele der Fenstersanierungen von Bauten aus den 50er und 60er Jahren, sollen Möglichkeiten, Lösungsansätze aber auch deren Problematiken aufgezeigt werden.

4.1 Sigena- Gymnasium, Nürnberg, Friedrich Seegy, 1956-59

Im ersten Beispiel handelt es sich um eine Schule in Nürnberg. Das sogenannte Sigena- Gymnasium von Friedrich Seegy - geplant und gebaut im Jahre 1956-59.
Der Gebäudeteil um den es sich handelt, ist ein zweigeschossiger Verbindungsbau, der Ende der 50er Jahre entstand. Die komplett verglaste Westfassade des Verbindungsbaus gliedert sich durch die von außen sichtbaren Betonstützen. Zwischen den Stützen befinden sich wiederum acht Stahl-Glaselemente die sich über zwei Stockwerke erstrecken. Je Geschoss besteht jedes Element aus zwei schmalen öffenbaren Fensterflügeln und zwei fest verglasten Fenstern. [33]

Folgende Faktoren führten letztendlich zu der Entscheidung diesen Gebäudeteil zu sanieren. Die Stahlprofile der Fassade wiesen starke Korrosionsschäden und Undichtigkeiten auf. Dadurch wurde die Funktionstüchtigkeit der Fensterflügel stark beeinträchtigt. Der winterliche und der sommerliche Wärmeschutz war außerdem aufgrund der großflächigen Einfachverglasung und der ungedämmten Stahlprofile der Fenster nicht mehr gewährleistet.

Die Sanierungsmaßnahmen wurden mit der Denkmalschutzbehörde abgesprochen. Man kam zu dem Entschluss, dass es die geeignetste Lösung wäre, die kompletten Fassadenelemente auszutauschen, um den technischen und bauphysikalischen Anforderungen gerecht zu werden.

Abb. 5: Fassade Verbindungsbau
Sigena- Gymanasium

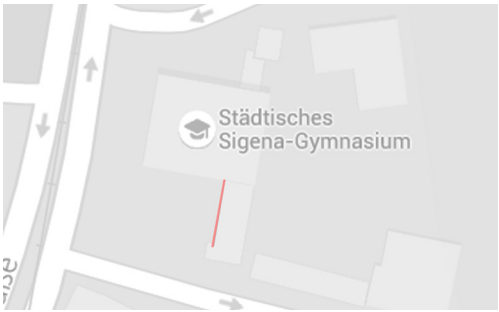


Abb. 6: Lageplan
Sigena- Gymanasium

33. Vergl. Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, Projekt 20/2005 S.1f

Abb. 7:Fassadenansicht Sigena- Gymnasium zwischen 1959 und 2005

Abb. 8:Fassadenansicht, Sigena- Gymnasium, saniert 2005

Abb. 9: Senk-Klapp-Flügel vor der Sanierung

Abb. 10: Pfosten-Riegel-Fassade, nach der Sanierung

Um das ursprüngliche Erscheinungsbild wieder herzustellen, wurde die Einteilung der Fassadenelemente und die Funktion der Senk- Klappflügel vollständig übernommen, allerdings mit neuen Profilen und mit einem modernen Fenstergriffmechanismus. Als Tragsystem wurde eine Pfosten-Riegel- Fassade aus Aluminium ausgewählt. [34]

Die Glasscheiben sind durch eine zweifache Wärmeschutzverglasung ausgetauscht worden. Zusätzlich wurden für den sommerlichen Wärmeschutz Jalousien im Zwischenraum der Fensterscheiben integriert. Im Zuge der Sanierung wurden Eingriffe die zwischen 1958 und heute stattgefunden haben rückgängig gemacht, wie die Entfernung der Paneelen im ersten Obergeschoss. Ebenfalls wurde die Farbe der Profile wieder dem Originalzustand von 1958 angeglichen und die damals außen angebrachten Jalousien, die vom Denkmalamt nicht genehmigt waren, entfernt. [35]

Das Resultat der Sanierung weist eine gute bauphysikalische Lösung auf, jedoch hat die architektonische Qualität darunter gelitten. Durch stärkere Profile und integrierte Jalousien hat sich das Erscheinungsbild des Verbindungsbaus verändert. Durch die komplette Fassadenerneuerung gingen Technik und Handwerkskunst aus der Entstehungszeit verloren. Lediglich die Farbe und die Proportionen der Fenstereinteilungen wurden dem Originalzustand angepasst.

34. Vergl. Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, Projekt 20/2005 S.2

35. Vergl. Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, Projekt 20/2005 S.2f

4.2 Hochschule Ulm, Günter Behnisch, 1961- 63

Ein weiteres Beispiel aus den 60er Jahren ist die Hochschule in Ulm, die 1961- 1963 von Günter Behnisch geplant und erbaut wurde.
Die Struktur des Gebäudes besteht aus einem Baukastensystem in einer Stahlbetonkastenkonstruktion aus 3 x 3 Meter Modulen. Die Fassaden der Gebäude sind klar gerastert und größtenteils mit einfach verglasten Fenstern und außenliegenden, fest integrierten Verschattungselementen versehen . [36]
Für Günter Behnisch war es damals schon wichtig, dass die Architekturqualität der Hochschule Ulm erhalten bleibt, vor allem die Transparenz und die großzügige Raumwirkung der Verkehrsflächen, die den Stil der 60er Jahre unterstreichen. [37]
Die Gebäudekomplexe besitzen größten teils eine Stahl-Glasfassade aus filigranen Profilen und einer Einfachverglasung, die thermisch nicht voneinander getrennt sind.
Der komplette Campus wurde bis zur Fertigstellung der Sanierung 2012, 13 Jahre lang saniert. [38]

Die Fenster benötigten dringend eine energetische Verbesserung. Durch die fehlende thermische Trennung war der winterliche, wie auch der sommerliche Wärmeschutz nicht gewährleistet. Aber auch die Dichtungen waren nicht mehr leistungsfähig, wie auch die Funktionen der Wendelflügel.

Der erste Lösungsansatz bestand darin, die alten Fassadenelemente weiterhin zu erhalten und nur die Dichtungen und die Fenstergläser auszutauschen und zu erneuern. Doch dieses Konzept erzielte keine technische und energetische befriedigende Lösung, die wirtschaftlich vertretbar gewesen wäre. Zusammen mit dem Denkmalamt entschied man einen weitgehenden Austausch der Fenster, unter Voraussetzung der

Abb. 11: Ansicht Süd, Hochschule Ulm

Abb. 12: Lageplan Hochschule Ulm

36. Vergl. Cremer 3/2011, S. 144ff
37. Vergl. Lindenthal 2012, S. 26f
38. Vergl. Lindenthal 2012, S. 31

Abb. 13:Hochschule Ulm, Ansicht Nord

Abb. 14:Hochschule Ulm Innenansicht der Fensterprofile

Abb. 15: Südfassade

Abb. 16: Nachgebildetes, neues Fenster

identischen Formatierung, thermisch getrennten Profilen und der modernen Wärmeschutzverglasung. Lediglich an der Ostfassade des Verwaltungstraktes konnten die originalen Profile erhalten bleiben, es wurden nur die Fenster durch eine Wärmeschutzverglasung mit thermischer Trennung ersetzt und die Dichtungen der Profile erneuert.[39]
Zur energetischen Optimierung, wurde eine bläuliche Isolierschicht auf die Wärmeschutzverglasung aufgetragen sowie Sonnenschutzrollos in den Scheibenzwischenraum integriert.

Die Fenster mit vorhandenem, feststehendem Sonnenschutz wurden gereinigt und bekamen eine Oberflächenveredelung. [40]

Durch die Modernisierungsmaßnahmen, wurde für die Hochschule einer zeitgemäße energetisch- technische Verbesserung erreicht.
Es wurde versucht das Erscheinungsbild der Hochschule dem Originalzustand anzupassen und so wenige wie mögliche Elemente zu erneuern, zu verändern oder hinzuzufügen. Ein paar Erneuerungen sind sichtbar modern, andere wurden erhalten oder annähernd dem Original angeglichen und wiederhergestellt. Doch die größte und auffallendste Veränderung ist die aufgebrachte Beschichtung der Verglasung. Sie verändert das architektonische Erscheinungsbild. Die architektonische Qualität der Offenheit und die Transparenz, die Günther Behnisch geschaffen hat, ging durch die bläulich erscheinende Reflektion verloren.

39. Vergl. Lindenthal 2012, S. 27f
40. Vergl. Lindenthal 2012, S. 29

4.3 Gymnasium am Deutenberg, Schwenningen, Günter Behnisch, 1963-64

Das dritte Sanierungsbeispiel ist das Gymnasium am Deutenberg in Schwenningen, 1963- 1964, von Günter Behnisch geplant und gebaut.
„Offenbar versuchten Behnisch & Partner hiermit, die in den 1960er Jahren einflussreiche und viel diskutierte Theorie von der ‚offenen Gesellschaft' zu visualisieren beziehungsweise durch die Transparenz des Baukörpers erzieherisch erlebbar zu machen." *(Cremer Folkhard 3/2011, S. 147)*
Die Struktur des Gebäudes besteht ebenfalls aus einem Baukastensystem in einer Stahlbetonkastenkonstruktion mit den gleichen Abmessungen der Module der Hochschule Ulm. Die Betonelemente wurden als Fertigteile im Betonwerk mit Metallfensterrahmen und Belüftungsvorrichtung zusammengesetzt und vor Ort montiert.[41]

Die Ansichten des Gymnasiums bestehen hauptsächlich aus filigranen Stahl-Fensterprofilen mit Einfachverglasungen, die später teilweise durch zweifach verglaste Fenstergläser ausgetauscht wurden. Die Fenster der Klassen- und Verwaltungsräume bestehen aus Hauptfenster und Oberlicht. Die Hauptfenster sind mit Wendeflügel und die Oberlichter mit Klappfenstern ausgerüstet. Die Flurzone zum Innenhof besteht aus fest verglasten Stahl-Glas- Elementen und besitzt die gleiche Grundgeometrie wie die Fenster- Rahmenprofile der Betonfassadenelemente.

Die nach Süden orientierten Hauptfenster und Oberlichter der Klassenräume sind jeweils mit feststehenden, auskragenden Sonneschutz-Lamellen versehen. Die angebrachten Verschattungselemente sollen den horizontalen Durchblick und den Ausblick aus den Fenstern uneingeschränkt zulassen. [42]

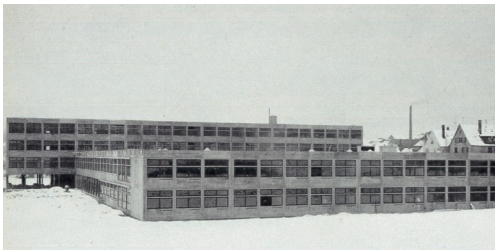


Abb. 17: Gymnasium am Deutenberg 1964

Abb. 18: Lageplan Gymnasium am Deutenberg

41. Vergl. Cremer 3/2011, S. 146f

42. Vergl. Roggenbuck-Azad 2011, S. 2ff

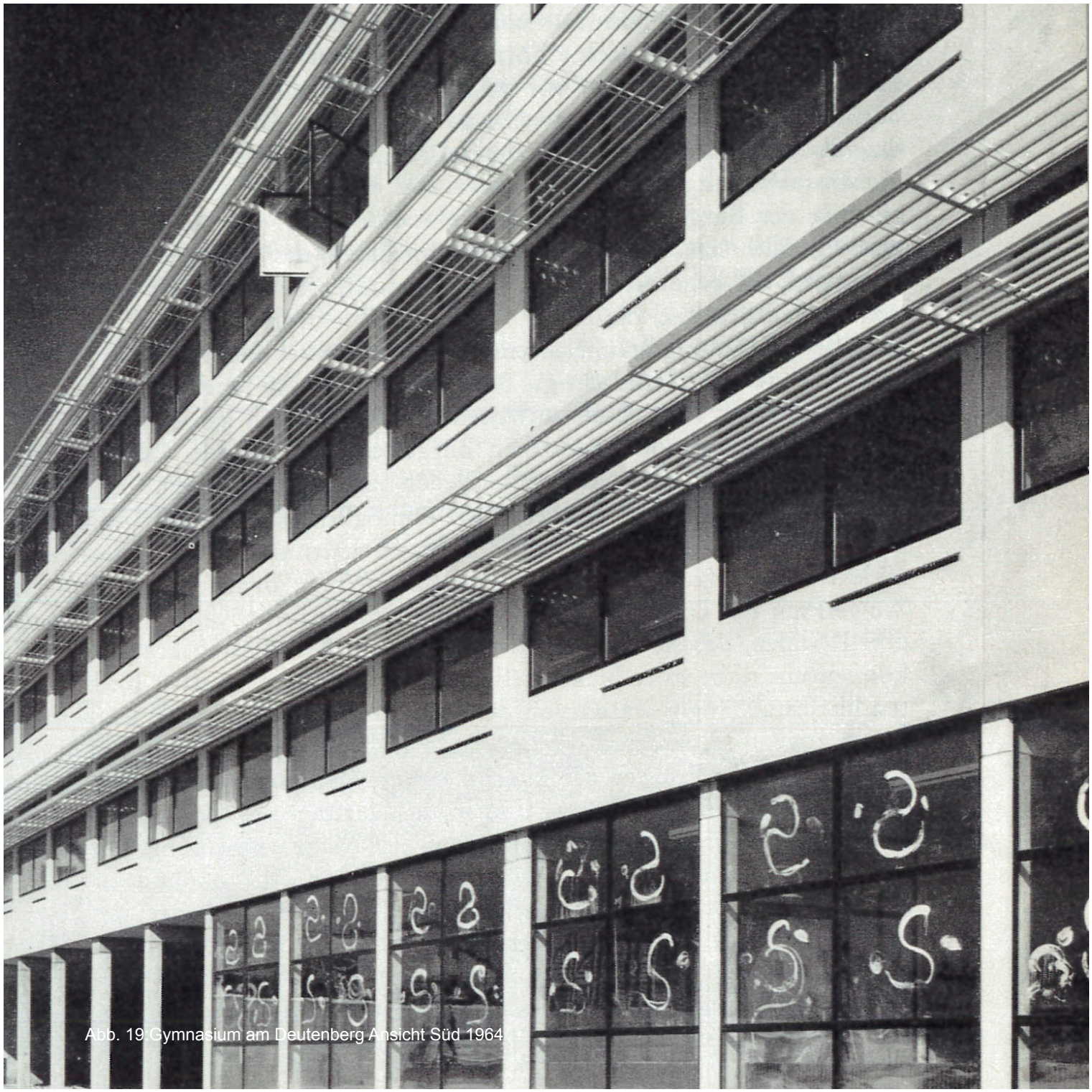


Abb. 19: Gymnasium am Deutenberg Ansicht Süd 1964

Abb. 20:Gymnasium am Deutenberg Ansicht Flurzone 1964

Abb. 21:Gymnasium am Deutenberg Ansicht Süd 2013

Abb. 22:Gymnasium am Deutenberg Innenhof

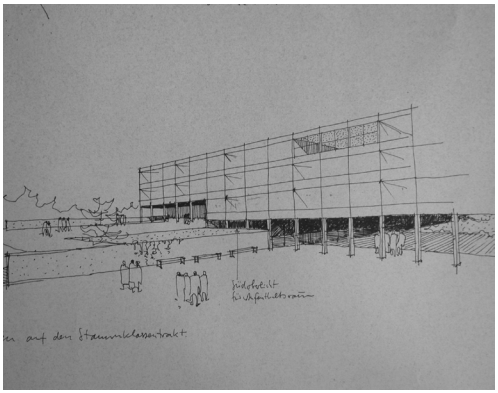


Abb. 23: Skizze Gebäudehülle

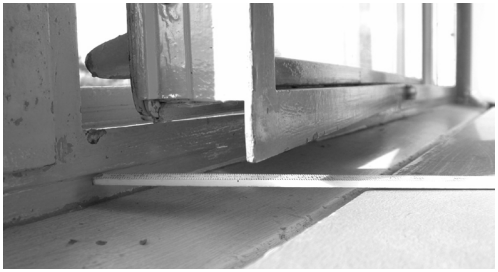


Abb. 24: Originale Fensterprofile

Für die Ost- und Westfassaden wurden außenliegende, bewegliche Aluminiumjalousien angebracht.
Um der Nutzung weiterhin gerecht zu werden, bedarf es einer Gesamtsanierung. Ein umfassendes Sanierungskonzept ist bereits erstellt. Außer wenigen Ausbesserungen, ist das Gymnasium noch weitgehend in seinem Originalzustand erhalten. [43]

Die Fenster des Gebäudes sind zwar noch überwiegend funktionstüchtig, aber entsprechen nicht mehr den heutigen Anforderungen. Die in die Beton- Fassadenelemente integrierten Stahlfenster sind aufgrund ihrer filigranen Dimensionierung der Profile nicht thermisch getrennt. [44]
Als erster Lösungsansatz wurde eine Dreifachverglasung in Betracht gezogen, doch aufgrund bauphysikalischer Probleme und der filigranen Profile wurde dieser Plan verworfen. [45] Daher entschied man sich für eine zweifache Wärmeschutzverglasung mit einer Dicke von 18 mm und einem Ug- Wert von 1,0. [46] Die Wärmeschutzverglasung soll aber nicht wie bei der Ulmer Hochschule eine verspiegelte Beschichtung erhalten, sondern möglichst das transparente Erscheinungsbild gewahrt werden.[47]

Durch eine alu-kaschierte 4 cm dicke hocheffiziente Wärmedämmung der Heizkörpernischen und die versetzten Fensterbänke, wird eine Zirkulation der warmen Luft ermöglicht, um bei kalten Witterungsverhältnissen Kondenswasserbildung zu vermeiden. [48]

43. Interview Baumann 2015
44. Vergl. Achenbach Architekten Ref. 83 2012, S. 17
45. Interview Baumann 2015
46. Vergl. Achenbach Architekten Ref. 83 2012, S. 21
47. Vergl. Roggenbuck-Azad 2011, S. 1
48. Interview Baumann 2015

Die Fensterbeschläge wie Griffe und Scharniere sind größtenteils schwergängig und oder beschädigt, wodurch sich die Fenster in ihrer Funktion nicht mehr optimal öffnen und schließen lassen. Auch die Dichtungen sind nicht mehr funktionstüchtig und müssen ausgetauscht oder erneuert werden. [49]

Da die Profile aber weitgehend von Korrosion befreit sind, ist es möglich diese in ihrem Originalzustand zu erhalten und nur die nötigen Elemente wie Dichtungen, Scharniere und Griffe zu restaurieren oder auszutauschen. [50]

Der feststehende Sonnenschutz soll durch selektiven Lichtumlenkung und Reflektion, zur besseren Tageslichtausbeute beitragen. Dies funktioniert nur, wenn die Sonne im optimalen Winkel steht. Außerhalb dieses Winkelbereiches, wie im Herbst und im Frühjahr, fällt die Lichtausbeute durch den Schattenwurf der Lamellen eher gering aus. Ein weiterer Nachteil ist die Verschmutzung, die sich auf den die waagerecht angebrachten Elementen ansammelt. Diese werden ebenfalls durch eine Reinigung und Oberflächenveredelung wieder instand gesetzt. [51]

Die Jalousien an der Ost und- Westfassade sind größtenteils nicht mehr funktionstüchtig und werden deshalb erneuert. [52]

Durch eine zusätzliche Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, wird einerseits die Luftqualität verbessert und durch Abführen der feuchten Luft wird Kondenswasserbildung an den kritischen Bauteilen, wie Fensterprofilen und ungedämmten Stahlbetonelementen, weitgehendst vermeiden. [53]

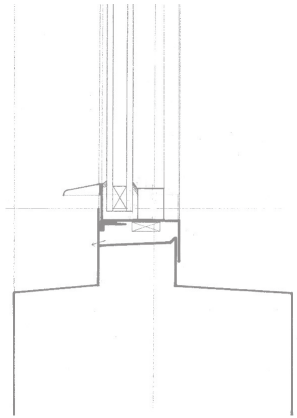


Abb. 25: Fensterdetail neu
mit Wärmeschutzverglasung

49. Vergl. Achenbach Architekten Ref. 83 2012, S. 9
50. Interview Baumann 2015
51. Vergl. Achenbach Architekten Ref. 83 2012, S. 12
42. Vergl. Achenbach Architekten Ref. 83 2012, S. 13
53. Interview Baumann 2015

Abb. 26: Festverglasung Flurzone

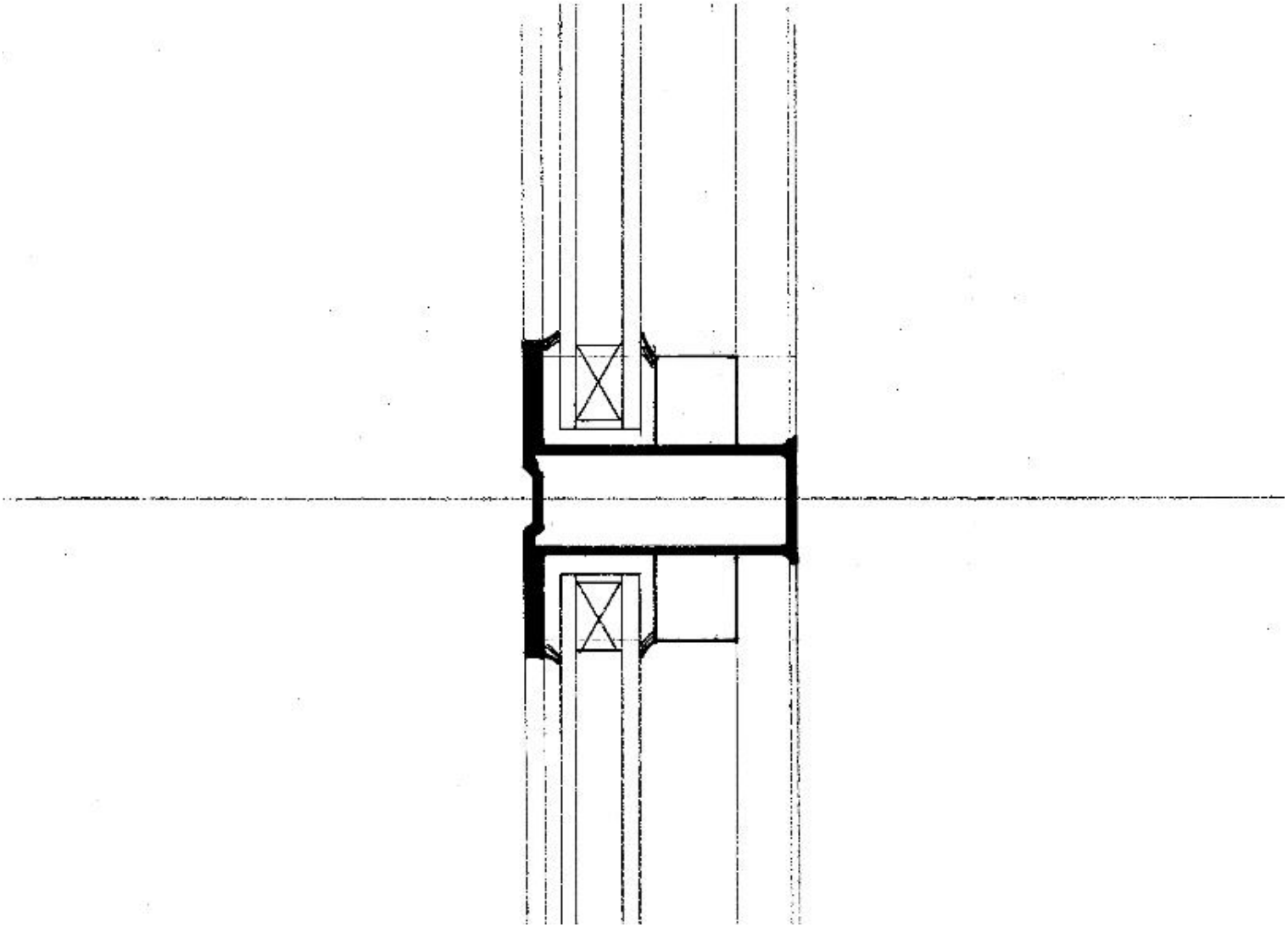


Abb. 27: Fensterdetail der Flurzone neu, mit Wärmeschutzverglasung

Abb. 28: Wessenbergschule

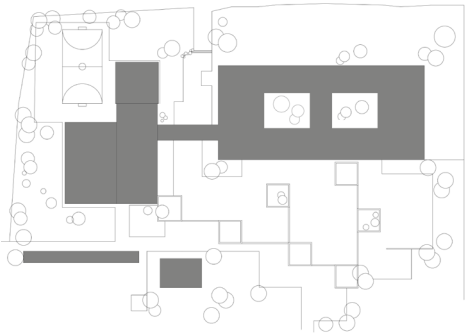


Abb. 29: Lageplan Wessenbergschule

Abb. 30: Ansicht Nord Wessenbergschule

5. Fenstersanierungsmöglichkeiten im Bezug auf die Wessenbergschule

Die Wessenbergschule in Konstanz ist ein Bau aus den 60er Jahren. Erbaut und geplant 1966- 1968, von Hermann Blohmeier.
Der Schulkomplex besitzt eine hohe gestalterische Qualität und ist ein aussagekräftiges Beispiel für die Architektur dieser Zeit. Durch wirtschaftliche und künstlerischen Aspekten, liegt es im öffentlichen Interesse dieses Gebäude zu bewahren. [54] Jedoch entspricht die denkmalgeschützte Wessenbergschule den energetischen Anforderungen von heute nicht mehr und stellt eine große Herausforderung an den Erhalt des Originalzustandes und die zeitgemäßen Nutzbarkeit.
Die Aufgabe ist es, anhand der oben genannten Beispiele, die Fenster des Gebäudes zu analysieren und technisch wie energetisch so zu optimieren, um es möglichst in seiner Beschaffenheit zu erhalten und seine architektonische Qualität weiterhin zu bewahren.

Die Fenster dieses Gebäudes bestehen hauptsächlich aus filigranen Aluminiumprofilen mit dünnen Einfachverglasungen, die teilweise mit Dreh- und Kippfunktionen ausgestattet sind. Wenige wurden schon durch Zweifachverglasungen ersetzt.
Der größte Teil der Fensterelemente ist im Brüstungsbereich mit ungedämmten Paneelen versehen.

Die Nordfassade gliedert sich im ersten und zweiten Obergeschoss in neun Fensterelementen die jeweils pro Geschoss in fünf Einzelelemente unterteilt sind. Im zweiten Obergeschoss kragen zwei Fensterelemente wie Rucksäcke aus der Fassade. Die Rucksäcke wurden verbreitert durch ein Vergrößerung von zwei dazwischenliegenden Fenstern.
Das Erdgeschoss ist leicht zurückversetzt und besitzt Bodentiefe Fenster mit einer rhythmischen Unterteilung.

54. Vergl. Stadt Konstanz 1989, S. 1

An der West und Ostfassade wird das gleiche Fensterelement, mit identischen Fensterformaten fortgeführt, das wiederum in sieben gleichgroße Fensterelemente pro Geschoss unterteilt ist. Zusätzlich besitzen diese außen liegende Aluminiumjalousien. An beiden Seiten der Elemente befinden sich jeweils vier kleinformatige Fenster. In der zurückgesetzten Fassade im Erdgeschoss sind unterschiedlich angeordnete bodentiefe, mit Paneelen versehenen, Fensterelemente. Die Jalousien sind in den Aussparungen der auskragenden Betondecke eingelassen worden.

Abb. 31: Ansicht West Wessenberg-schule

Die Südfassade führt die gleiche Fenstergliederung der Elemente der Nordfassade fort. Außer den auskragenden Elementen und dem Unterschied, dass die Hochformatigen Fenster in Paneele, Hauptfenster und in ein Oberlicht mit Kippfunktion unterteilt wird. Außerdem befindet sich zwischen Haupt und Oberlicht ein zusätzlicher horizontaler, feststehender Sonnenschutz sowie an der Innenseite liegende Textilvorhänge.
Das zurückspringende Erdgeschoss öffnet sich in der Mitte zu den symmetrisch angelegten Innenhöfen. Die Fensterunterteilungen sind in einer unterschiedlichen Formatierung, ähnlich wie an der Ost- und Westfassade und teilweise in Oberlichter gegliedert.

Abb. 32: Ansicht Süd Wessenberg-schule

Die Innenhöfe bestehen aus komplett fest verglasten Einfachverglasung mit schlanken Aluminiumprofilen und Kippfenstern. Die Nordfassade im Innenhof des zweiten Obergeschosses ist im oberen Teil von einem Lichtband gesäumt. Die Flurzonen zum Innenhof und die sichtbaren Treppenhäuser verleihen dem Gebäude einen offenen und kommunikativen Charakter.

Die transparenten Bauteile im heutigen Zustand, werden weder dem sommerlichen noch dem winterlichen Wärmeschutzstandart gerecht. Die Behaglichkeit des Gebäudes wird durch verschiedenste Faktoren, wie einfach verglaste Fenster ohne thermische Trennung sowie fehlende und nicht intakte Dichtungen, stark beeinträchtigt.

Abb. 33: Fassadenansicht Süd

Abb. 34: Flurzone zum Innenhof

Abb. 35: Innenhof

Abb. 36:Fassadenausschnit Ansicht Süd

Die Fenster ohne Sonnenschutzvorrichtung, die der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, erblinden zunehmend.
Wie am Beispiel des Gymnasiums am Deutenberg schon erläutert, ist die feststehende Sonnenschutzvorrichtung im Süden, durch den jahreszeitlich bedingt Sonnenstand beeinträchtigt und nicht ausreichend. Die zur Verdunkelung und zum Sonnenschutz dienenden Vorhänge, sind veraltet und teilweise nicht mehr funktionstüchtig.

Griffe, Scharniere und auch die manuelle Steuerung der Flügel- und Kippfenster sind teilweise beschädigt oder nicht mehr bedienbar.

Die im Brüstungsbereich eingebrachten Paneele sind unzureichend gedämmt. Nachträglich wurde versucht von innen Dämmmaterial aufzubringen, um den Wärmeschutz zu verbessern.

Lösungsansätze zur Optimierung der Fenster:
An der gesamten Wessenbergschule sind die Alluminumprofile der Fensterelemente noch sehr gut erhalten. Im Gegensatz zum kompletten Austausch der gesamten Fenster des Sigena-Gymnasium und der teilweise ausgetauschten Fenster der Ulmer Hochschule, kann man die Profile der Wessenbergschule erhalten.

Die Einfachverglasung der Wessenbergschule sollte ähnlich wie am Gymnasium am Deutenberg, durch eine möglichst dünne Wärmeschutzverglasung ersetzt werden. Um die Transparenz der Einfachverglasungen zu wahren, sollte nicht wie bei Ulmer Hochschule, ein Verspiegelungseffekt auftreten. Durch das Auftragen einer speziellen Sol-Gel-Beschichtung, soll die Transparenz erhöht werden, wie Beispielsweise bei Schau- und Panoramafenstern.

Es ist wichtig, dass die Fenstergriffe nach Möglichkeit weitgehendst erhalten bleiben und nicht wie im Sigena- Gymnasium komplett durch moderne Griffe ersetzt werden. Eine Denkbare Möglichkeit ist, wie in der Ulmer Hochschule diese nachzubilden. Doch die erstrebenswerteste Variante ist die Griffe in ihrem Originalzustand zu erhalten oder wenn sie beschädigt sind zu restaurieren.

Die Dichtungen und Scharniere der Fenster sollten erneuert oder ausgetauscht werden.

Durch das Ersetzen der Paneele, kann durch die Nachbildung, die mit einer hocheffizienten Wärmedämmung ausgefüllt ist, dem Originalzustand angeglichen werden. [55]

Es ist notwendig Sonnenschutzvorrichtungen, wie Jalousien im Erdgeschoss und an der West und Ostfassade, zu reparieren oder gegebenenfalls zu erneuern.

Durch eine Reinigung und Oberflächenveredelung der feststehenden Verschattungselemente, wie am Beispiel der Ulmer Hochschule und des Gymansiums am Deutenberg, können die diese weitgehend instandgesetzt werden.

Zur zusätzlichen Verschattung- und Verdunkelungsmöglichkeit, sollten die im Innenraum angebrachten Vorhänge, durch neue ersetzt werden und nicht durch moderne Eingriffe im Scheibenzwischenräumen mit Jalousien, wie am Beispiel der Ulmer Hochschule und des Sigena- Gymansiums, erfolgen.

Ein Glasdach über den Innehöfen, könnte im Winter zur verbsserten Tageslichtausbäute beitragen. Um dem hauptsächlich im Sommer entstehenden Treibhauseffekt entgegen zu wirken, könnte ein quatratisches Öffnung in der Mitte des Glasdaches die geeignete Lösung sein. Die Aussparung trägt zur Anregung

Abb. 37: Fenster aus Aluprofilen und Einfachverglasung

55. Interview Baumann Andrea 2015

der Luftzirkulation im Innenhof bei. Der dadurch entstehenden Kamineffekt lässt die nach oben steigende warme Luft entweichen. [56]

Eine zusätzlicher Lösungssatz zur energetischen Verbesserung, wäre eine zentrale Be- und Entlüftungsanlage zu installieren. Vor allem in den hoch frequentierten Räumen, um Bauschäden wie Schimmel durch Taufwasserausfall vorzubeugen und um die Luftqualität (z.B CO2- Gehalt), wie anhand des Beispieles Gymnasium am Deutenberg, zu verbessern.

56. Interview Baumann Andrea 2015

6. Fazit

Ein Denkmal besteht aus vielen verschiedenen wichtigen Werten, die es alle zu beachten gilt, um ein denkmalgeschütztes Gebäude angemessen zu behandeln.
Beispielsweise der historische Wert, der seinen Zeugniswert nur durch den erhalt der Originalität erreicht.
Im direkten Gegensatz steht der Gebrauchswert der den Nutzten eines Gebäudes oder eines Denkmals in der Gegenwart fordert. Um ein Gebäude optimal nutzen zu können, Bedraf es Eingriffe in das Denkmal, bei dem der Erinnerungswert wiederum an seiner Zeugniswürdigkeit verliert.

Die Schwierigkeit besteht darin diesen beiden Kategorien gerecht zu werden, da ein akzeptabler Kompromiss zwischen Denkmalwerten und der zeitgemäßen Nutzbarkeit gefunden werden sollte, um eine angemessene Lösung für das Denkmal zu erhalten.

Anhand des Fensters, als wertvolles und zugleich auch komplexes Bauteil, erkennt man die Herausforderung einer angemessen Behandlung, um den unterschiedlichen Werten gerecht zu werden.

In der vergangen Zeit, gab es eine Vielzahl von Fenstersanierungsvorschlägen und Beispielen. Doch die Fenster der 60er Jahre sind in der heutigen Zeit ein aktuelles und auch präsentes Thema. Durch ihre filigranen Profile und dünnen Fensterscheiben, die nicht thermisch voneinander getrennt sind,entsteht eine Wärmebrücke, die eine Sanierung, für die weitere Nutzung, unabdingbar macht.

Anhand der oben aufgeführten Beispiele werden die regional unterschiedlichen Herangehensweisen des Denkmalschutz deutlich.

Zum einen das Sigena- Gymnasium, an dem die komplette Fassade ausgetauscht wurde um die energetischen und bauphysikalischen Probleme zu lösen. Lediglich die Rasterung und die Farbe wurden an das Original angeglichen.

Die Hochschule Ulm versuchte möglichst viel von ihren Fenstern zu erhalten und nur das nötigste Nachzubilden um mit wenigen Erneuerungen auszukommen. Durch die bläuliche Verspiegelung auf den Gläsern hat die Transparenz abgenommen, was der ursprünglichen Idee eines möglichst transluzenten Baus widerspricht.

Das dritte Beispiel besteht aus einem Sanierungskonzept des Gymnasiums am Deutenberg. Mit dem vorgesehenen Lösungsansatz, werden alle vorhanden Profile in ihrer Originalität zu erhalten. Lediglich die Scheiben werden gegen eine Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Die übrigen Originalelemente sollen durch Reparaturen und Restaurierungen überholt werden.

Für die Wessenbergschule wäre das Lösungskonzept des Deutenberg Gymnasiums am erstrebenswertesten. Da die Aluminiumprofiele noch in einem guten Zustand sind, können diese ebenfalls erhalten bleiben. Auf diese Weise wird der historische Wert respektiert und der Entwurf des Architekten kann ohne große Veränderungen beibehalten werden. Um das Konzept der Durchlässigkeit zu erhalten, kann durch zusätzliches auftragen der Sol- Gel- Beschichtung ermöglicht werden.

Die meisten Schwierigkeiten bringt wohl das Überdachen des Innenhofs mit sich. Zwar trägt das Dach im Winter zu solaren Gewinnen bei, jedoch überwögen die Nachteile im Sommer. Durch die Speicherung der warmen Luft im Innenhof, die nur gering entweichen kann, wäre das natürliche Wachstum der Pflanzen beeinträchtigt. Dadurch wäre eine stetige Bewässerung von Nöten und die großen Bäume müssten entfernt werden, was einen Verlust des architektonischen Konzeptes von Hermann Blomeier zur Folge hätte.

Um eine konkretes Sanierungskonzept für die Wessenbergschule erstellen zu können, bedarf es einer gründlichen Bestandsaufnahme und dazu passenden Simulation des Gebäudes. Um ein akzeptables und drauf abgestimmtes Lösungskonzept zu erstellen.

Sammlung unterschiedlichster Lösungensansätze der Fenstersanierung
von Bauten aus den 1950er und 1960er Jahren

Gebäude	Nutzungsart	Architekt	Enstehungsjahr	
Hochschule für Gestaltung Ulm	Hochschule	Max Bill	1953-55	
Sep- Ruf- Bau Bonn	öffentlicher Bau Das Haus der deutschen Stiftung Denkmalschutz	Franz Joseph Ruf	1954-55	
Sigena-Gymnasium Nürnberg	Schulbau	Friedrich Seegy	1958-59	
Ulmer Hochschule	Hochschule	Günter Behnisch	1961-63	
Gymnasium am Deutenberg Schwenningen	Schulbau	Günter Behnisch	1963-64	
Le Lignon Genf, Schweiz	Wohnungsbau	Georges Addor	1963-71	

	Fensterart vor der Sanierung	Sanierungsmaßnahmen	Quelle
	Holzprofile mit Einfachverglasung	Erhaltung der Profile , Austausch durch blau reflektierende WSV.	Vergl. Schneider Marie 1/2011 S. 32ff [57]
	Holzprofile mit Einfachverglasung	Austausch gegen Dreh-Kipp-Metallfenster	Interview Dipl.-Ing. Liebeskind Annette [57]
	Stahlprofile mit Einfachverglasung	Austausch gegen eine neue Pfosten-Riegl-Fassade	Vergl. Hochbauamt Nürnberg Projekt 20/2005 [57]
	Stahlprofile mit Einfachverglasung	Nachbildung der Fensterprofile Austausch durch blau reflektierende Wärmeschutzverglasung	Vergl. Lindenthal 2012, S. 26ff [57]
	Stahlprofile mit Einfachverglasung	Erhaltung der Profile, Austausch durch eine Wärmeschutzverglasung	Vergl. Achenbach Architekten Ref. 83 2012 [57]
	Stahlprofile mit Einfachverglasung	Hinzufügen eines Holzfensters im Innenraum, zu einem Verbundfenster	Vergl. Graser Jürg 24/2013: S.21ff [57]

[57] siehe Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

Bücher

Gerner Manfred, Gärtner Dieter 1996: Historische Fenster. Entwicklung, Technik, Denkmalpflege, Deutsche Verlags- Anstalt Stuttgart ISBN 3-421-03104-5

Hubel Achim 2006, 2011: Denkmalpflege. Geschichte, Themen, Aufgaben. Eine Einführung, Philipp Reclam Stuttgart ISBN: 978-3-15-018813-2

Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden- Württemberg 2012: Architektur der Fünfziger Jahre. Denkmale in Baden- Württemberg, Belser Verlag, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart ISBN 978-3-7630-2624-1

Neumann Hans- Rudolf und 3 Mitautoren 2003: Fenster im Bestand. Grundlagen der Sanierung in Theorie und Praxis, Expert Verlag ISBN 3-8169-2203-1

Schrader Mila 2011: Fenster, Glas und Beschläge als historisches Baumaterial, ein Materialleitfaden und Ratgeber, Anderweit Verlag ISBN 3-931824-04-7

Vereinigung der Landesdenkmalpfleger 2011: Leitbild Denkmalpflege zur Standort Bestimmung der Denkmalpflege Heute, Vereinigung des Denkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland ISBN 978-3-86568-708-1

Von Buttlar Adrian, Heuter Christoph 2007: Denkmal! Moderne, Architektur der 60er Jahre Wiederentdeckung einer Epoche, Jovis Verlag ISBN 978-3-939633-40-2

Zeitschriften

Cremer Folkhard 2011: Vollmontage- Schulen im Dienste der offenen Gesellschaft. Die Schulbauten des Büros Günter Behnisch aus den 1860er Jahren, In: Denkmalpflege in Baden- Württemberg Stuttgart, 40. Jahrgang, 03.11, S. 144ff

Demel Manuel, Benitz-Wildenburg Jürgen 2014: Technik versus Baukultur. Energetische Sanierung von Denkmalgeschützten Fenstern, In: Gebäude Energieberater, Schwerpunkt Denkmal 11/12 November 2014, 10. Jahrgang, Gentner Verlag, S.17ff

Graser Jürgen 2013: Spielraum Dank Denkmalschutz. Denkmal Curtain Wall, In : TEC21 24/2013, S. 21ff

Nils Ballhausen. 2011: Unsichtbar sanieren?. Turnhalle auf dem Tempelhofer Feld: Bauwelt, 102. Jahrgang, 41.11, S. 20

Schneider Marie 2011: Eine Legende im Wandel der Zeit . Die Hochschule für Gestaltung in Ulm, In: Denkmalpflege in Baden- Württemberg Stuttgart, 40. Jahrgang, 01.11, S. 29ff

Sammelbände

Weiß Gerd 2012: Klötze heute: Die 1960er und 1970er Jahre als kulturelles Erbe und Aufgabe für die Denkmalpflege. In: Bund Heimat und Umwelt in Deutschland (BHU) 2012: Klötze und Plätze. Wege zu einem neuen Bewusstsein für Großbauten der 1960er und 1970er Jahre. Dokumentation der Tagung am 4. und 5. Juni 2012 im Rathaus Reutlingen, S.25ff
ISBN 978-3-925374-98-2

Broschüren

Lindenthal Wilmuth, Hofmann Joachim 2012: Dreizehn Jahre Sanierung der Hochschule Ulm - Konzepte und Erfahrungen. In: Ministerium für Finanzen und Wirtschaft 2012: Hochschule Ulm. Sanierung Campus Prittwitzstraße 1999-2012, S. 26ff

Wüstenrot Stiftung 2006: Umbau im Bestand. Gestaltungspreis der Wüstenrot Stiftung, Wüstenrot Stiftung Ludwigsburg, S. 3

Berichte

Achenbach Architekten 2012: Planungsstudie Deutenberg. Konzept zur energetischen Ertüchtigung der Fassade(n) des Gymnasiums am Deutenberg in Schwenningen: BDA für das Landesamt für Denkmalpflege, Ref. 83

Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005: Wärmeschutz Kontra. Denkmalschutz oder wie es auch anders gehen kann. Das Beispiel einer Pfosten-Riegl-Fassade an der Schule: Projekt- Info 20/2005

Roggenbuck-Azad Ulrike 2011: Konservatorisches Ziel mit dem denkmalgeschützten Deutenberg- Gymansium in Villingen-Schwenningen: Landesamt für Denkmalpflege, Ref.83, Regierungspräsidium Stuttgart

Stadt Konstanz, Stand 1989: Liste der Kulturdenkmale der Stadt Konstanz, Baubeschreibung Wessenbergschule, Flst.-Nr.: 1685/8

Interview

Baumann Andrea 2015, Dipl. Ing. (FH) für Energieeffizientes Bauen

Dipl. Ing. Liebeskind Annette 2015, Deutsche Stiftung Denkmalschutz

Bilder

Abb.1 Fachgerechter Unterhalt und Sanierung von Fenstern und Haustüren (Erstellt von ift Rosenheim und der RAL-Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e.V., 3/2013)

Abb.2 Ebd.

Abb.3 Ebd.

Abb.4 Ebd.

Abb.5 Bild 17 Fassade nach der Sanierung, Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, S. 4

Abb.6 https://www.google.de/maps/place/St%C3%A4dtisches+Sigena-Gymnasium/@49.4321906,11.0680945,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x479f571a1aa6dda3:0x3a454ddba63f419d, 07.2015

Abb.7 Bild 4 Fassade vor der Sanierung, Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, S. 1

Abb.8 Bild 1 Westfassade des Verbindungsbaus Sigena-Gymnasium nach der Sanierung, Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, S. 1

Abb.9 Bild 6 Detail Innen vor der Sanierung, Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, S. 2

Abb.10 Bild 11 Innenansicht nach der Sanierung, Hochbauamt der Stadt Nürnberg 2005, S. 3

Abb.11 Ministerium für Finanzen und Wirtschaft 2012: Hochschule Ulm. Sanierung Campus Prittwitzstraße 1999-2012, S.25

Abb.12 Ministerium für Finanzen und Wirtschaft 2012: Hochschule Ulm. Sanierung Campus Prittwitzstraße 1999-2012, S.18ff

Abb.13 Ministerium für Finanzen und Wirtschaft 2012: Hochschule Ulm. Sanierung Campus Prittwitzstraße 1999-2012, S.9

Abb.14 Ingenieurbüro für Energieeffizienz Dipl.Bauing.(FH) Rosenfelder Rainer 2014

Abb.15 Ministerium für Finanzen und Wirtschaft 2012: Hochschule Ulm. Sanierung Campus Prittwitzstraße 1999-2012, S.7

Abb.16 Ingenieurbüro für Energieeffizienz Dipl.Bauing.(FH) Rosenfelder Rainer 2014

Abb.17 Normalklassentrakt (Hintergrund) und Spezialklassentrakt (Vordergrund), Baubeschreibung. Gymnasium am Deutenberg. Behnisch G., S. 24

Abb.18 Städtisches Vermessungsamt Villingen-Schwenningen 2004

Abb.19 Baubeschreibung. Gymnasium am Deutenberg. Behnisch G., S. 27

Abb.20 Baubeschreibung. Gymnasium am Deutenberg. Behnisch G., S. 26

Abb.21 Ingenieurbüro für Energieeffizienz Dipl.Bauing.(FH) Rosenfelder Rainer 2014

Abb.22 Ingenieurbüro für Energieeffizienz Dipl.Bauing.(FH) Rosenfelder Rainer 2014

Abb.23 Achenbach Architekten 2012, Plaungsstudie Deutenberg, S. 3

Abb.24 Achenbach Architekten 2012, Plaungsstudie Deutenberg, S. 9

Abb.25 Achenbach Architekten 2012, Plaungsstudie Deutenberg, S. 21

Abb.26 Achenbach Architekten 2012, Plaungsstudie Deutenberg, S. 10

Abb.27 Achenbach Architekten 2012, Plaungsstudie Deutenberg, S. 22

Abb.28 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.29 CAD Zeichnung Baumann Hanna 2015

Abb.30 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.31 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.32 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.33 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.34 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.35 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb.36 Fotografie Baumann Hanna 2015

Abb. 37 Fotografie Baumann Hanna 2015

Betreff: AW: Heizanlage Wessenbergschule
Von: Köhler, Martin <Martin.Koehler@lrakn.de>
Datum: 04.03.2016 18:21
An: "'maklingl'" <maklingl@htwg-konstanz.de>

Sehr geehrter Herr Makling,

anbei ein Bild der Kesselanlage.
Es gibt nur eine Heizungszentrale für die Schule.
Wir haben zwei große Heizungskessel mit je 540 KW.
Und einen Kessel mit 70 KW für die Brauchwassererwärmung sowie den Lüftungsbereich in den Duschen.
Somit können wir im Sommer und in der Übergangszeit die beiden großen Heizungskessel abschalten.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung

Martin Köhler

Landratsamt Konstanz
Amt für Hochbau und Gebäudemanagement
Zimmer C 012
Benediktinerplatz 1

D-78467 Konstanz

Tel. +49 7531/800-1543
mobil +49 170 315 8 225
Fax +49 7531/800-1550
Martin.Koehler@LRAKN.de

-----Ursprüngliche Nachricht-----
Von: maklingl [mailto:maklingl@htwg-konstanz.de]
Gesendet: Freitag, 4. März 2016 16:06
An: Köhler, Martin
Betreff: Heizanlage Wessenbergschule

Guten Tag Herr Köhler,

Ich bin der Student, der seine Masterarbeit über die Wessenbergschule schreibt und bereits bei Ihnen war.

Ich müsste noch wissen, welche Leistung die Heizanlage im Keller der Wessenbergschule hat (Sind es nicht sogar zwei Heizanlagen?) Haben Sie diese Daten griffbereit?
Betreiben Sie bitte keinen Aufwand. Wenn Sie nicht ohne weiteres an die Daten gelangen, schreiben Sie mir. Die Informatin ist nicht entscheidend, würde meinen Bericht nur abrunden.

Vielen Dank

Gruß
Martin Klingler

--

Martin Klingler
Radolfzellerstraße 13 A
78467 Konstanz
martin.klingler@htwg-konstanz.de

11-03 Kesselanlage Übersicht.jpg

Anhänge:

11-03 Kesselanlage Übersicht.jpg 866 KB

Betreff: AW: Frage zum Kreisarchiv und der Veröffentlichung
Von: "Lichter, Matthias" <Matthias.Lichter@lrakn.de>
Datum: 22.02.2016 12:40
An: "'maklingl'" <maklingl@htwg-konstanz.de>

Hallo Herr Klingler,

ich erinnere mich natürlich noch an Sie, kann Ihnen aber nur Frage 1 beantworten. Wegen Frage 2 wenden Sie sich bitte direkt an unseren Leiter des Kreisarchivs - Herrn Kramer - unter wolfgang.kramer@LRAKN.de bzw. Tel. 07531/800-1903.

Zu Frage 1:
Die Archivräume werden tatsächlich wegen den dort lagernden Aktenbeständen beheizt. Das Raumklima sollte möglichst stabil in einem Temperaturbereich zwischen 15 - 18 Grad Celsius sein. Auch die Luftfeuchtigkeit spielt eine wichtige Rolle. Diese liegt im Idealfall bei 50 %. Zu diesem Zweck befinden sich Luftentfeuchter in unseren Archivräumen, ohne die, insbesondere in den Sommermonaten, die Luftfeuchtigkeit deutlich zu hoch wäre.

Viele Grüße und viel Erfolg mit Ihrer Arbeit!

Matthias Lichter

Landratsamt Konstanz
Hauptamt (Zimmer A 025)
Referat Kultur und Geschichte
Benediktinerplatz 1
D-78467 Konstanz

Tel. +49 7531 /800-1391
Fax +49 7531 / 800-1385
matthias.lichter@LRAKN.de

-----Ursprüngliche Nachricht-----
Von: maklingl [mailto:maklingl@htwg-konstanz.de]
Gesendet: Freitag, 19. Februar 2016 20:06
An: Lichter, Matthias
Betreff: Frage zum Kreisarchiv und der Veröffentlichung

Guten Tag Herr Lichter,

Vielleicht erinnern Sie sich: Ich bin der Student, der über das Wärmeverhalten der Wessenbergschule seine Abschlussarbeit schreibt. Sie hatten Akten für mich bereitgestellt.

Ich habe zwecks dieser Masterarbeit noch zwei Fragen:

Frage 1:
Eine eher technische Frage: In Wärmebildern des Bodens der Pausenhalle zeichnen sich die Räume des Kreisarchivs im Untergeschoss deutlich ab.
Sind die Archivräume beheizt? Halten Sie bewusst bestimmte Temperaturen aufgrund der Bestände ein (Wikipedia spricht z.B. von ca. 18°C für Archive mit sensiblen Papierbeständen etc.)?

Frage2:
Die Arbeit wird für weitere Studenten interessant sein. Auch andere Professoren bitten mich, die Arbeit nach Abschluss zur Verfügung zu stellen.
Da ich Material aus dem Kreisarchiv und auch Daten zum Energieverbrauch von Herrn Köhler eigebunden habe, wollte ich zuerst bei Ihnen nachfragen, ob ich eine Genehmigung zur Veröffentlichung im Volltextserver OPUS (Infos: http://www.htwg-

konstanz.de/OPUS.940.0.html)
bekomme und ob das per E-Mail reicht oder ob ich dazu nocheinmal vorbeikommen soll?
Gerne lege ich die Arbeit auch erst vor, bevor Sie entscheiden.

Vielen Dank und freundliche Grüße

Martin Klingler

--

Martin Klingler
Radolfzellerstraße 13 A
78467 Konstanz
martin.klingler@htwg-konstanz.de

Betreff: AW: Heraklith contact message
Von: "Breinbauer, Stefan" <Stefan.Breinbauer@knaufinsulation.com>
Datum: 15.02.2016 09:02
An: "martin.klingler@htwg-konstanz.de" <martin.klingler@htwg-konstanz.de>

Sehr geehrter Herr Klingler,

die Zusammensetzung von homogenen Heraklith-Platten hat sich seit den 1960er Jahren nur unwesentlich verändert.
Die Wärmeleitfähigkeit können Sie somit mit 0,09 W/mK ansetzen.

Bei Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

i. A. Dipl.-Ing. (FH)
Breinbauer Stefan
Anwendungstechnische Beratung / Systementwicklung Hochbau

KNAUFINSULATION
Tel: +49 8571 40 256 | Fax: +49 8571 40 44 256 | Mobile: +49 160 53 28582
Knauf Insulation GmbH
Firmensitz: Simbach am Inn
Registergericht: Amtsgericht Landshut, HRB 4759
Geschäftsführer: Gregor Gaisböck, Stefan Unterstraßer

-----Ursprüngliche Nachricht-----
Von: christoph.ohnweiler@knaufinsulation.com
[mailto:christoph.ohnweiler@knaufinsulation.com] Im Auftrag von martin.klingler@htwg-konstanz.de
Gesendet: Sonntag, 14. Februar 2016 11:44
An: infodeKIcom infodeKIcom
Betreff: Heraklith contact message

Martin sent a message using the contact form at http://www.heraklith.de/contact.

Message: Sehr geehrte Damen und Herren,
In meiner Masterarbeit betrachte ich die wärmetechnsichen Eigenschaften eines Gebäudetyps aus den 1960er Jahren. Dabei finden sich in den Origialplänen Angaben, dass Heraklithplatten verbaut wurden.
Welche Wärmeleitfähigkeiten hatten damals hergestellte Platten? Wie heutzutage ca. 0,09 ?
Vielen Dank.

Mit freundlichen Grüße
Martin Klingler

First name: Martin

Nachname: Klingler

E-Mail-Adresse: martin.klingler@htwg-konstanz.de

Firma:

Telefon:

Adresse: Radolfzellerstraße 13 A

Postal code: 78467

Ort: Konstanz

Betreff: AW: Thermex-Verglasungen
Von: "Wild, Reinhold" <R.Wild@egla-gmbh.de>
Datum: 11.11.2015 08:58
An: "maklingl@htwg-konstanz.de" <maklingl@htwg-konstanz.de>

Sehr geehrter Herr Klingler,

leider haben wir keinerlei Informationen über dieses Glas. Ich habe auch meine älteren Kollegen, die schon länger als ich in der Firma sind (25 Jahre) gefragt, keiner kennt diesen Begriff. Wir haben vor vielen Jahren mal mit einem eigenen Produkt namens Thermosol (ein Vorgänger von Isolierglas) experimentiert, das hat aber mir Ihrem Glas nichts zu tun.

Freundliche Grüße
Eberspächer Glasbau GmbH

i.V.
Reinhold Wild
_____

Eberspächer Glasbau GmbH
Abteilung EKA
Marie-Curie-Straße 12
73230 Kirchheim unter Teck

Telefon: +49 7021 93200-19
Telefax: +49 7021 93200-5519
r.wild@egla-gmbh.de
www.egla-gmbh.de

-----Ursprüngliche Nachricht-----
Von: Info - Eberspächer-Glasbau GmbH
Gesendet: Mittwoch, 11. November 2015 08:07
An: Wild, Reinhold
Betreff: WG: Thermex-Verglasungen

-----Ursprüngliche Nachricht-----
Von: maklingl [mailto:maklingl@htwg-konstanz.de]
Gesendet: Dienstag, 10. November 2015 19:04
An: Info - Eberspächer-Glasbau GmbH
Betreff: Thermex-Verglasungen

Sehr geehrte Damen und Herren,

Ich bin Student an der Fachhochschule Konstanz im Fachgebiet des Bauinegnieurwesens. Im Rahmen meiner Masterarbeit zur energetischen Sanierung eines Konstanzer Schulgebäudes (Wessenbergschule Konstanz) suche ich zurzeit nach den Eigenschaften der damals verbauten Materialien.
Dabei bin ich in einem Fachartikel auf den Hinweis gestoßen, dass die Fenster im

Gebäude sogenannte "Thermex-Fenster" seien, die damals von einer Fa. Eberspächer hergestellt wurden (siehe Anhang S. 409 (dritte Seite des Dokuments).

Da ich leider keinerlei Informationen über die Konstruktionsart des "Thermexfensters" finden kann, versuche ich es bei Ihnen. Ich weiß lediglich, dass das Fenster wohl eine innovative Konstruktion gewesen sein muss, die es oberhalb von 25°C zu Milchglas werden ließ.

Kann es sein, dass Sie als Fa. Eberspächer tatsächlich der Lieferant dieses Fenstertyps waren? Haben Sie eventuell irgendwelche Informationen zu dem Fenstertyp, technische Daten oder einfach nur Stichworte mit denen ich in einschlägigen Fachdatenbanken weiter suchen könnte (allgemeine Produkttypbezeichnungen, Bezeichnungen des Milchglas-Mechanismus, etc. ?)

Ich wäre Ihnen für Ihre Hilfe sehr dankbar!

Mit freundlichen Grüße

Martin Klingler

--

Martin Klingler
Radolfzellerstraße 13 A
78467 Konstanz
martin.klingler@htwg-konstanz.de

Inhaltsverzeichnis

Übersicht der Berechnungsparameter des Projektes

Die Berechnungen des Nichtwohngebäudes nach DIN V 18599 werden unter der Annahme folgender Randbedingungen geführt:

- Berechnung nach DIN V 18599:2011-03 und EnEV-Randbedingungen für den Energieausweis (Berechnung mit Mehrzonenmodell)
- Das Luftvolumen V ist genau ermittelt und angegeben
- die Gebäudedichtheit entspricht Kategorie IV

Die Temperaturkorrekturfaktoren von Bauteilen des unteren Gebäudeabschlusses werden unter folgenden Randbedingungen ermittelt:

- Bodenplatte ohne Randdämmung
- Kellerdecken und Kellerwände zum unbeheizten Keller ohne Perimeterdämmung
- Grundwassereinfluss wird nicht berücksichtigt

Nur für gekühlte Zonen gilt:
- Es wird das genaue Verfahren zur Berechnung der Temperatur von unbeheizten Zonen verwendet.
- Der Energiefluss erdberührter Bauteile über das Erdreich wird gem. DIN EN ISO 13370 berechnet.
- Wärmeleitfähigkeit Erdreich: 2,00 W/mK
- volumenbezogene Wärmekapazität Erdreich: 2E006 J/(m²K)
- Windabschirmfaktor: 0,02
- Es wird kein Einfluss von fließendem Grundwasser berücksichtigt.

Für den Energieausweis im Bestand gelten folgende Bedingungen:

- das Gebäude ist ein Nichtwohngebäude

Übersicht der Grundlagen der Zonen

Zone: Gebäude

Allgemeine Grundlagen

beheiztes Volumen V_e	27921,8 m³
Luftvolumen V	20897,4 m³ (gesonderte Ermittlung)
Nettogrundfläche A_{NGF}	6872,0 m²
Wärmebrückenzuschlag	0,10 W/m²K
wirksame Wärmekapazität	leicht 50 Wh/(m²K)
Nutzungsprofil gem. DIN 18599	8 Klassenzimmer (Schulen)
Nutzungsprofil Warmwasser gem DIN 18599	Kein anzusetzender Bedarf
Lage innerhalb des Gebäudes	außen
Raumhöhe	3,50 m

Konditionierung

Konditionierung durch statische Systeme	Zone wird nur beheizt
Konditionierung durch Lüftungsanlagen	keine Luftaufbereitung vorhanden
Betriebsmodus Heizung in der Nutzungszeit	Nachtabsenkung
Betriebsmodus Heizung in der Nichtnutzungszeit	Nachtabsenkung
Betriebsmodus Kühlung in der Nichtnutzungszeit	abgeschaltet
Kühlung ist Bedarfsorientiert	Ja
sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2 ist erfüllt	Ja
Dichtheitskategorie der Zone	Kategorie IV
Gebäudeautomationsklasse nach DIN 18599-11	Klasse C
Zuschlag Ventilatorleistung Referenzgebäude	keine Zuschlag
Einzelraumregelung gem. DIN 18599-5 Abs. 6.2.2	keine vollständige Einzelraumregelung
indirekte Verdunstungskühlung in der Zone	keine Lüftung
sorptionsgestützte Klimatisierung in der Zone	keine Lüftung

Nutzungsrandbedingungen

tägliche Nutzungszeit	7,0 h/d
jährliche Nutzungstage $d_{nutz,a}$	200 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	1400 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	0 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	9,0 h/d
jährliche Betriebstage Anlagentechnik $d_{op,a}$	200 d/a
tägliche Betriebszeit Heizung	9,0 h/d
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,soll}$	21 °C
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,soll}$	24 °C
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,min}$	20 °C
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,max}$	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{i,NA}$	4 K
Feuchteanforderung	mit Toleranz
Mindestaußenluftvolumenstrom V_a	10,00 m³/hm²
Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_m	300 lx
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	0,8 m
Minderungsfaktor k_A	0,97
relative Abwesenheit C_A	0,25
Raumindex k	2,00
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	0,90
interne Wärmegewinne Personen $q_{i,p}$	100 Wh/(m²d)
interne Wärmegewinne Arbeitsgeräte $q_{i,fac}$	20 Wh/(m²d)
Nutzenergiebedarf Warmwasser flächenbezogen	kein Bedarf
Nutzenergiebedarf Warmwasser nutzungsbezogen	kein Bedarf
Anzahl Spitzenzapfungen am Tag	-
Mindestvolumenstrom Gebäude $V_{a,Geb}$	2,50 m³/(m²h)
relative Abwesenheit C_{RLT}	0,25
Teilbetriebsfaktor Gebäudebetriebszeit RLT f_{RLT}	0,90

Übersicht der Räume/Raumgruppen

Übersicht der Beleuchtungsbereiche

Zone: Gebäude

Beleuchtungsbereich Gesamtgebäude

Berechnungsart spezifische Bewertungsleistung:	Tabellenverfahren
Lampenart Kunstlicht:	Leuchtstofflampen kompakt, konventionelles externes Vorschaltgerät
Beleuchtungsart Kunstlicht:	direkt/indirekt
Art des Präsenz-Kontrollsystems:	manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems:	manuelle Kontrolle
Konstantlichtregelung EnEV Anl. 2 Tab. 3:	Nein
Wartungsfaktor WF:	0,80

Übersicht der Anlagentechnik DIN V 18599:2011-03

Trinkwarmwasser-Bereitung

Keine Eintragungen!

Heizung

Heizung Heizkreis für Raumheizung: Übergabekreis Schulgebäude
Bedarfsdeckung durch Erzeugungseinheit "Erzeugereinheit UG Sporthallengebäude": 100 %
Art der Verteilung: Zweirohrheizung
Netztyp I: Etagenring
Gruppe 2: Schulen, Veranstaltungshallen, Flughafenhallen, OP-Gebäude, Laborgebäude, Rechenzentrum, Bibliothek, Museum, Theater, Hörsaal
- kein hydraulischer Abgleich
- keine Vorlauftemperaturadaption

Heizung Erzeugungseinheit: Erzeugereinheit UG Sporthallengebäude

Heizung Übergabe freie Heizflächen: Übergabe Gebäude
Deckungsanteil H an Zone "Gebäude": 100 %

Art der Regelung: zentrale Vorlauftemperaturregelung
Ort der Übergabe: Außenwand
Art des Reglers: elektromotorischer Stellantrieb

Heizung Verteilerleitung: Verteilerleitungen
- Verteilung liegt in einer unbeheizten Zone (extern)"
- Isolation gemäß WsVO (1980-1995)

Führung der Strangleitungen überwiegend außen

Heizung Strangleitung: Strangleitungen
- Verteilung liegt in den Zonen: Gebäude
- keine Isolation, in der ungedämmten Außenwand

Heizung Anbindeleitung: Anbindeleitungen
- Verteilung liegt in den Zonen: Gebäude
- keine Isolation, in der ungedämmten Außenwand

Heizung Heizkreispumpe: Heizkreispumpe
- hydraulischer Abgleich erfolgt
Dimensionierung der Heizkreispumpe optimiert
Regelung der Heizkreispumpe Δp konstant

Heizung Brennwertkessel: Brennwertkessel
Erzeuger liegt in Zone: Unbeheizt (extern)
Energieträger: Erdgas H
- Brennwertkessel Gas
- Gebläsebrenner
- keine integrierte Pumpensteuerung
- mehrere Prozessbereiche/Kessel im Parallelbetrieb

Lüftung

Keine Eintragungen!

Kühlung

Keine Eintragungen!

Übersicht der opaken Bauteile

Bauteil: Decke EG zu Kriechkellern

Bauteilaufbau: Bodenplatte EG (Decke Kriechkeller)

U-Wert	3,53 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,17 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Unbeheizt (extern)

Fläche 1504,3 m²

Bauteil: Dach Stahlbetonrippendecke

Bauteilaufbau: Stahlbetonrippendecke

U-Wert	0,78 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 1483,9 m²

Bauteil: OG Fassade außen Ost

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	1,40 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		305,12 m²
Ost OG FE Kleine Fenster	(Siehe transparente Bauteile)	-11,04 m²
Ost OG FE Ost & West	(Siehe transparente Bauteile)	-66,39 m²
Gesamtfläche		227,69 m²

Bauteil: OG Fassade außen Süd

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	1,40 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		689,70 m²
Süd OG FE Süd	(Siehe transparente Bauteile)	-451,26 m²
Gesamtfläche		238,44 m²

Bauteil: OG Fassade außen West

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	1,40 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		305,12 m²
West OG FE Kleine Fenster	(Siehe transparente Bauteile)	-11,04 m²
West OG FE Ost & West	(Siehe transparente Bauteile)	-66,39 m²
Gesamtfläche		227,69 m²

Bauteil: OG Fassade außen Nord

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	1,40 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		689,70 m²
Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zim	(Siehe transparente Bauteile)	-112,14 m²
Nord OG FE Nord (normal)	(Siehe transparente Bauteile)	-350,98 m²
Gesamtfläche		226,58 m²

Bauteil: Untersicht Auskragung OGs

Bauteilaufbau: Beton Auskragung OGs

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 143,6 m²

Bauteil: Dach Massivdecke 18 cm

Bauteilaufbau: Massivdecke 18 cm

U-Wert	0,77 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 778,5 m²

Bauteil: Bodenplatte UG 40 cm

Bauteilaufbau: Bodenplatte 40 cm

U-Wert	1,03 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Erdreich

Fläche 605,5 m²

Bauteil: Betonwand UG gegen Erdreich

Bauteilaufbau: Betonwand UG zu Erdreich

U-Wert	2,98 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	keine	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Erdreich

Fläche 345,1 m²

Bauteil: Pausenhallendecke

Bauteilaufbau: Pausenhallendecke

U-Wert	0,78 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 465,5 m²

Bauteil: Decke UG (Pausenhallenbereich)

Bauteilaufbau: Beton Decke UG (Pausenhallenbereich)

U-Wert	3,53 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 302,1 m²

Bauteil: Dach Massivdecke 12 cm
Bauteilaufbau: Massivdecke 12 cm

U-Wert	0,75 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 260,6 m²

Bauteil: Bodenplatte UG 45 cm
Bauteilaufbau: Bodenplatte 45 cm

U-Wert	1,01 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Erdreich

Fläche 112,5 m²

Bauteil: Mauerwerk gedämmt
Bauteilaufbau: Mauerwerk gedämmt

U-Wert	0,60 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 100,0 m²

Bauteil: Untersicht Kragzimmer
Bauteilaufbau: Untersicht Kragzimmer

U-Wert	0,60 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 21,0 m²

Bauteil: Boden Gänge 2. OG
Bauteilaufbau: Boden Gänge 2.OG

U-Wert	2,71 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 14,6 m²

Bauteil: Betonwand UG gegen Kriechkeller

Bauteilaufbau: Betonwand UG zu Kriechkellern

U-Wert	2,98 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,13 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Unbeheizt (extern)

Fläche 142,9 m²

Bauteil: Flanken Kragzimmer nach Ost

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 10,6 m²

Bauteil: EG Fassade außen Ost

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		118,98 m²
Ost EG FE mit Brüstungspaneel	(Siehe transparente Bauteile)	-44,80 m²
Ost EG FE Modern	(Siehe transparente Bauteile)	-18,40 m²
Gesamtfläche		55,78 m²

Bauteil: EG Fassade außen West

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		118,98 m²
West EG FE Einfachverglasung (Eingangstü	(Siehe transparente Bauteile)	-18,40 m²
West EG FE mit Brüstungspaneel	(Siehe transparente Bauteile)	-44,80 m²
Gesamtfläche		55,78 m²

Bauteil: Flanken Kragzimmer nach West

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 10,6 m²

Bauteil: Überdachfassade nach Nord

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		78,28 m²
Nord Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-22,25 m²
Gesamtfläche		56,03 m²

Bauteil: EG Fassade außen Süd

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		161,60 m²
Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstür	(Siehe transparente Bauteile)	-26,08 m²
Süd EG FE mit Brüstungselementen	(Siehe transparente Bauteile)	-72,32 m²
Süd EG FE modern	(Siehe transparente Bauteile)	-9,64 m²
Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)	(Siehe transparente Bauteile)	-5,77 m²
Gesamtfläche		47,79 m²

Bauteil: Überdachfassade nach West

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		11,73 m²
West Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-4,45 m²
Gesamtfläche		7,28 m²

Bauteil: Überdachfassade nach Süd

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		78,28 m²
Süd Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-22,25 m²
Gesamtfläche		56,03 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach Süd

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		419,60 m²
Süd Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-263,00 m²
Süd Innenhöfe Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-45,36 m²
West Innenhöfe moderner Anbau	(Siehe transparente Bauteile)	-34,49 m²
Gesamtfläche		76,75 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach West

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		347,03 m²
West Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-236,47 m²
Gesamtfläche		110,56 m²

Bauteil: Überdachfassade nach Ost

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		11,73 m²
Ost Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-4,45 m²
Gesamtfläche		7,28 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach Ost

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		347,03 m²
Ost Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-248,28 m²
Gesamtfläche		98,75 m²

Bauteil: EG Fassade außen Nord

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		261,01 m²
Nord EG FE nur Glas	(Siehe transparente Bauteile)	-150,16 m²
Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper	(Siehe transparente Bauteile)	-77,75 m²
Gesamtfläche		33,10 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach Nord

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		313,80 m²
Mauerwerk gedämmt	(Siehe opake Bauteile)	-100,04 m²
Nord Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-81,24 m²
Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau	(Siehe transparente Bauteile)	-9,02 m²
Nord Innenhöfe Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-45,36 m²
Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster	(Siehe transparente Bauteile)	-0,69 m²
Gesamtfläche		77,45 m²

U-Werte aller Bauteile

	U-Wert Variante [W/(m²K)]
Betonwand UG gegen Erdreich	2,98
Betonwand UG gegen Kriechkeller	2,98
Boden Gänge 2. OG	2,71
Bodenplatte UG 40 cm	1,03
Bodenplatte UG 45 cm	1,01
Dach Massivdecke 12 cm	0,75
Dach Massivdecke 18 cm	0,77
Dach Stahlbetonrippendecke	0,78
Decke EG zu Kriechkellern	3,53
Decke UG (Pausenhallenbereich)	3,53
EG Fassade außen Nord	1,91
EG Fassade außen Ost	1,91
EG Fassade außen Süd	1,91
EG Fassade außen West	1,91
Flanken Kragzimmer nach Ost	1,91
Flanken Kragzimmer nach West	1,91
Innenhoffassaden nach Nord	1,91
Innenhoffassaden nach Ost	1,91
Innenhoffassaden nach Süd	1,91
Innenhoffassaden nach West	1,91
Mauerwerk gedämmt	0,60
OG Fassade außen Nord	1,40
OG Fassade außen Ost	1,40
OG Fassade außen Süd	1,40
OG Fassade außen West	1,40
Pausenhallendecke	0,78
Überdachfassade nach Nord	1,91
Überdachfassade nach Ost	1,91
Überdachfassade nach Süd	1,91
Überdachfassade nach West	1,91
Untersicht Auskragung OGs	1,91
Untersicht Kragzimmer	0,60

Übersicht der transparenten Bauteile

Fenster: Nord EG FE nur Glas
Fensteraufbau: FE EG Nord (Glas)

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,00 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Fläche 75,08 m²

Fenster: Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper)
Fensteraufbau: FE EG Nord (Glas)

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,00 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 77,75 m²

Fenster: Nord Innenhöfe Einfachverglasung
Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	5,73 W/(m²K)	U_w	5,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 4-mal berücksichtigt.

Fläche 20,31 m²

Fenster: Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau Pausenhalle Ost)
Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	19,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 9,02 m²

Fenster: Nord Innenhöfe Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 8-mal berücksichtigt.

Fläche 5,67 m²

Fenster: Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zimmer)

Fensteraufbau: FE OG Nord

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Fläche 56,07 m²

Fenster: Nord OG FE Nord (normal)

Fensteraufbau: FE OG Nord

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 7-mal berücksichtigt.

Fläche 50,14 m²

Fenster: Nord Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 5-mal berücksichtigt.

Fläche 4,45 m²

Fenster: Ost EG FE mit Brüstungspaneel

Fensteraufbau: FE EG mit Brüstungselementen

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,80 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	44,80 m²		

Fenster: Ost EG FE Modern

Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	19,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	18,40 m²		

Fenster: Ost Innenhöfe Einfachverglasung

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	5,73 W/(m²K)	U_w	5,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	248,28 m²		

Fenster: Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster

Fensteraufbau: Kleine Fenster

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	43,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	0,69 m²		

Fenster: Ost OG FE Kleine Fenster

Fensteraufbau: Kleine Fenster

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	43,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 16-mal berücksichtigt.

Fläche 0,69 m²

Fenster: Ost OG FE Ost & West

Fensteraufbau: FE OG Ost & West

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 66,39 m²

Fenster: Ost Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 4,45 m²

Fenster: Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	5,73 W/(m²K)	U_w	5,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 26,08 m²

Fenster: Süd EG FE mit Brüstungselementen

Fensteraufbau: FE EG mit Brüstungselementen

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,80 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 72,32 m²

Fenster: Süd EG FE modern

Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 9,64 m²

Fenster: Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 5,77 m²

Fenster: Süd Innenhöfe Einfachverglasung

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	5,73 W/(m²K)	U_w	5,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Fläche 131,50 m²

Fenster: Süd Innenhöfe Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 8-mal berücksichtigt.

Fläche 5,67 m²

Fenster: Süd OG FE Süd

Fensteraufbau: FE OG Süd

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	21,0 %		
U_g	3,69 W/(m²K)	U_w	2,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 9-mal berücksichtigt.

Fläche 50,14 m²

Fenster: Süd Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 5-mal berücksichtigt.

Fläche 4,45 m²

Fenster: West EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	5,73 W/(m²K)	U_w	5,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 18,40 m²

Fenster: West EG FE mit Brüstungspaneel

Fensteraufbau: FE EG mit Brüstungselementen

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,80 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 44,80 m²

Fenster: West Innenhöfe Einfachverglasung

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	5,73 W/(m²K)	U_w	5,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 236,47 m²

Fenster: West Innenhöfe moderner Anbau

Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	19,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 34,49 m²

Fenster: West OG FE Kleine Fenster

Fensteraufbau: Kleine Fenster

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	43,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 16-mal berücksichtigt.

Fläche 0,69 m²

Fenster: West OG FE Ost & West

Fensteraufbau: FE OG Ost & West

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	1,70 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	66,39 m²		

Fenster: West Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,73 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,80	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,85
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	4,45 m²		

Bauphysikalische Berechnungen der Fenster

Fenster: Nord EG FE nur Glas

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	11 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	33,45 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	23,09 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,00 W/m²K**		

Fenster: Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	11 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	33,45 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	23,09 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,00 W/m²K**		

Fenster: Nord Innenhöfe Einfachverglasung

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	5,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	47,67 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	26,84 m²		
Wärmedurchgang U_w	**5,50 W/m²K**		

Fenster: Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau Pausenhalle Ost)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,1 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,045 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,2 W/m²K		
Rahmenanteil	19 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	99,86 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	53,15 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,20 W/m²K**		

Fenster: Nord Innenhöfe Oberlichter

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

Fenster: Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zimmer)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	16 %	Paneelanteil	31 %
Länge Glasrand l_g	34,76 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	50,14 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,70 W/m²K**		

Fenster: Nord OG FE Nord (normal)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	16 %	Paneelanteil	31 %
Länge Glasrand l_g	34,76 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	50,14 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,70 W/m²K**		

Fenster: Nord Überdach-Oberlichter

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

Fenster: Ost EG FE mit Brüstungspaneel

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	24 %
Länge Glasrand l_g	27,54 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	18,41 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,80 W/m²K**		

Fenster: Ost EG FE Modern

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,1 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,045 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,2 W/m²K		
Rahmenanteil	19 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	99,86 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	53,15 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,20 W/m²K**		

Fenster: Ost Innenhöfe Einfachverglasung

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	5,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	47,67 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	26,84 m²		
Wärmedurchgang U_w	**5,50 W/m²K**		

Fenster: Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	43 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	2,52 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	0,69 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,70 W/m²K**		

Fenster: Ost OG FE Kleine Fenster

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	43 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	2,52 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	0,69 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,70 W/m²K**		

Fenster: Ost OG FE Ost & West

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	32 %
Länge Glasrand l_g	47,88 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	66,39 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,70 W/m²K**		

Fenster: Ost Überdach-Oberlichter

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

Fenster: Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	5,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	47,67 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	26,84 m²		
Wärmedurchgang U_w	**5,50 W/m²K**		

Fenster: Süd EG FE mit Brüstungselementen

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	24 %
Länge Glasrand l_g	27,54 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	18,41 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,80 W/m²K**		

Fenster: Süd EG FE modern

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,1 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,045 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,2 W/m²K		
Rahmenanteil	19 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	99,86 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	53,15 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,20 W/m²K**		

Fenster: Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

Fenster: Süd Innenhöfe Einfachverglasung

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	5,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	47,67 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	26,84 m²		
Wärmedurchgang U_w	**5,50 W/m²K**		

Fenster: Süd Innenhöfe Oberlichter

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

Fenster: Süd OG FE Süd

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	3,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	21 %	Paneelanteil	31 %
Länge Glasrand l_g	54,40 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	50,14 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,70 W/m²K**		

Fenster: Süd Überdach-Oberlichter

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

Fenster: West EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	5,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	47,67 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	26,84 m²		
Wärmedurchgang U_w	**5,50 W/m²K**		

Fenster: West EG FE mit Brüstungspaneel

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	24 %
Länge Glasrand l_g	27,54 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	18,41 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,80 W/m²K**		

Fenster: West Innenhöfe Einfachverglasung

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	5,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	47,67 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	26,84 m²		
Wärmedurchgang U_w	**5,50 W/m²K**		

Fenster: West Innenhöfe moderner Anbau

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,1 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,045 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,2 W/m²K		
Rahmenanteil	19 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	99,86 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	53,15 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,20 W/m²K**		

Fenster: West OG FE Kleine Fenster

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	43 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	2,52 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	0,69 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,70 W/m²K**		

Fenster: West OG FE Ost & West

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	15 %	Paneelanteil	32 %
Länge Glasrand l_g	47,88 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	66,39 m²		
Wärmedurchgang U_w	**1,70 W/m²K**		

Fenster: West Überdach-Oberlichter

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Uw aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,7 W/m²K	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,020 W/mK
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	3,7 W/m²K		
Rahmenanteil	26 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	21,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	4,45 m²		
Wärmedurchgang U_w	**2,30 W/m²K**		

U-Werte aller Fenster

	U-Wert Variante [W/(m²K)]	Fläche [m²]
Nord EG FE nur Glas	2,00	150,16
Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper)	2,00	77,75
Nord Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	81,24
Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau Pausenhalle Ost)	1,20	9,02
Nord Innenhöfe Oberlichter	2,30	45,36
Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zimmer)	1,70	112,14
Nord OG FE Nord (normal)	1,70	350,98
Nord Überdach-Oberlichter	2,30	22,25
Ost EG FE mit Brüstungspaneel	1,80	44,80
Ost EG FE Modern	1,20	18,40
Ost Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	248,28
Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster	2,70	0,69
Ost OG FE Kleine Fenster	2,70	11,04
Ost OG FE Ost & West	1,70	66,39
Ost Überdach-Oberlichter	2,30	4,45
Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)	5,50	26,08
Süd EG FE mit Brüstungselementen	1,80	72,32
Süd EG FE modern	1,20	9,64
Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)	2,30	5,77
Süd Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	263,00
Süd Innenhöfe Oberlichter	2,30	45,36
Süd OG FE Süd	2,70	451,26
Süd Überdach-Oberlichter	2,30	22,25
West EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)	5,50	18,40
West EG FE mit Brüstungspaneel	1,80	44,80
West Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	236,47
West Innenhöfe moderner Anbau	1,20	34,49
West OG FE Kleine Fenster	2,70	11,04
West OG FE Ost & West	1,70	66,39
West Überdach-Oberlichter	2,30	4,45

Übersicht der Berechnungsparameter des Projektes

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Die Berechnungen des Nichtwohngebäudes nach DIN V 18599 werden unter der Annahme folgender Randbedingungen geführt:

- Berechnung nach DIN V 18599:2011-03 und EnEV-Randbedingungen für den Energieausweis (Berechnung mit Mehrzonenmodell)
- Das Luftvolumen V ist genau ermittelt und angegeben
- die Gebäudedichtheit entspricht Kategorie II

Die Temperaturkorrekturfaktoren von Bauteilen des unteren Gebäudeabschlusses werden unter folgenden Randbedingungen ermittelt:

- Bodenplatte ohne Randdämmung
- Kellerdecken und Kellerwände zum unbeheizten Keller ohne Perimeterdämmung
- Grundwassereinfluss wird nicht berücksichtigt

Nur für gekühlte Zonen gilt:
- Es wird das genaue Verfahren zur Berechnung der Temperatur von unbeheizten Zonen verwendet.
- Der Energiefluss erdberührter Bauteile über das Erdreich wird gem. DIN EN ISO 13370 berechnet.
- Wärmeleitfähigkeit Erdreich: 2,00 W/mK
- volumenbezogene Wärmekapazität Erdreich: 2E006 J/(m²K)
- Windabschirmfaktor: 0,02
- Es wird kein Einfluss von fließendem Grundwasser berücksichtigt.

Für den Energieausweis im Bestand gelten folgende Bedingungen:

- das Gebäude ist ein Nichtwohngebäude

Übersicht der Grundlagen der Zonen

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Zone: Gebäude

Allgemeine Grundlagen

beheiztes Volumen V_e	27921,8 m³
Luftvolumen V	20897,4 m³ (gesonderte Ermittlung)
Nettogrundfläche A_{NGF}	6872,0 m²
Wärmebrückenzuschlag	0,10 W/m²K
wirksame Wärmekapazität	leicht 50 Wh/(m²K)
Nutzungsprofil gem. DIN 18599	8 Klassenzimmer (Schulen)
Nutzungsprofil Warmwasser gem DIN 18599	Kein anzusetzender Bedarf
Lage innerhalb des Gebäudes	außen
Raumhöhe	3,50 m

Konditionierung

Konditionierung durch statische Systeme	Zone wird nur beheizt
Konditionierung durch Lüftungsanlagen	keine Luftaufbereitung vorhanden
Betriebsmodus Heizung in der Nutzungszeit	Nachtabsenkung
Betriebsmodus Heizung in der Nichtnutzungszeit	Nachtabsenkung
Betriebsmodus Kühlung in der Nichtnutzungszeit	abgeschaltet
Kühlung ist Bedarfsorientiert	Ja
sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2 ist erfüllt	Ja
Dichtheitskategorie der Zone	Kategorie II
Gebäudeautomationsklasse nach DIN 18599-11	Klasse C
Zuschlag Ventilatorleistung Referenzgebäude	keine Zuschlag
Einzelraumregelung gem. DIN 18599-5 Abs. 6.2.2	keine vollständige Einzelraumregelung
indirekte Verdunstungskühlung in der Zone	keine Lüftung
sorptionsgestützte Klimatisierung in der Zone	keine Lüftung

Nutzungsrandbedingungen

tägliche Nutzungszeit	7,0 h/d
jährliche Nutzungstage $d_{nutz,a}$	200 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	1400 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	0 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	9,0 h/d
jährliche Betriebstage Anlagentechnik $d_{op,a}$	200 d/a
tägliche Betriebszeit Heizung	9,0 h/d
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,soll}$	21 °C
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,soll}$	24 °C
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,min}$	20 °C
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,max}$	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{i,NA}$	4 K
Feuchteanforderung	mit Toleranz
Mindestaußenluftvolumenstrom V_a	10,00 m³/hm²
Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_m	300 lx
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	0,8 m
Minderungsfaktor k_A	0,97
relative Abwesenheit C_A	0,25
Raumindex k	2,00
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	0,90
interne Wärmegewinne Personen $q_{i,p}$	100 Wh/(m²d)
interne Wärmegewinne Arbeitsgeräte $q_{i,fac}$	20 Wh/(m²d)
Nutzenergiebedarf Warmwasser flächenbezogen	kein Bedarf
Nutzenergiebedarf Warmwasser nutzungsbezogen	kein Bedarf
Anzahl Spitzenzapfungen am Tag	-
Mindestvolumenstrom Gebäude $V_{a,Geb}$	2,50 m³/(m²h)
relative Abwesenheit C_{RLT}	0,25
Teilbetriebsfaktor Gebäudebetriebszeit RLT f_{RLT}	0,90

Übersicht der Räume/Raumgruppen

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Übersicht der Beleuchtungsbereiche

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Zone: Gebäude

Beleuchtungsbereich Gesamtgebäude

Berechnungsart spezifische Bewertungsleistung:	Tabellenverfahren
Lampenart Kunstlicht:	Leuchtstofflampen kompakt, konventionelles externes Vorschaltgerät
Beleuchtungsart Kunstlicht:	direkt/indirekt
Art des Präsenz-Kontrollsystems:	manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems:	manuelle Kontrolle
Konstantlichtregelung EnEV Anl. 2 Tab. 3:	Nein
Wartungsfaktor WF:	0,80

Übersicht der Anlagentechnik DIN V 18599:2011-03

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Trinkwarmwasser-Bereitung

Keine Eintragungen!

Heizung

Heizung Heizkreis für Raumheizung: Übergabekreis Schulgebäude
Bedarfsdeckung durch Erzeugungseinheit "Erzeugereinheit UG Sporthallengebäude": 100 %
Art der Verteilung: Zweirohrheizung
Netztyp I: Etagenring
Gruppe 2: Schulen, Veranstaltungshallen, Flughafenhallen, OP-Gebäude, Laborgebäude, Rechenzentrum, Bibliothek, Museum, Theater, Hörsaal
- kein hydraulischer Abgleich
- keine Vorlauftemperaturadaption

Heizung Erzeugungseinheit: Erzeugereinheit UG Sporthallengebäude

Heizung Übergabe freie Heizflächen: Übergabe Gebäude
Deckungsanteil H an Zone "Gebäude": 100 %

Art der Regelung: zentrale Vorlauftemperaturregelung
Ort der Übergabe: Außenwand
Art des Reglers: elektromotorischer Stellantrieb

Heizung Verteilerleitung: Verteilerleitungen
- Verteilung liegt in einer unbeheizten Zone (extern)"
- Isolation gemäß WsVO (1980-1995)

Führung der Strangleitungen überwiegend außen

Heizung Strangleitung: Strangleitungen
- Verteilung liegt in den Zonen: Gebäude
- keine Isolation, in der ungedämmten Außenwand

Heizung Anbindeleitung: Anbindeleitungen
- Verteilung liegt in den Zonen: Gebäude
- keine Isolation, in der ungedämmten Außenwand

Heizung Heizkreispumpe: Heizkreispumpe
- hydraulischer Abgleich erfolgt
Dimensionierung der Heizkreispumpe optimiert
Regelung der Heizkreispumpe Δp konstant

Heizung Brennwertkessel: Brennwertkessel
Erzeuger liegt in Zone: Unbeheizt (extern)
Energieträger: Erdgas H
- Brennwertkessel Gas
- Gebläsebrenner
- keine integrierte Pumpensteuerung
- mehrere Prozessbereiche/Kessel im Parallelbetrieb

Lüftung

Keine Eintragungen!

Kühlung

Keine Eintragungen!

Übersicht der opaken Bauteile

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Bauteil: Decke EG zu Kriechkellern

Bauteilaufbau: Bodenplatte EG (Decke Kriechkeller)

U-Wert	0,30 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,17 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Unbeheizt (extern)

Fläche 1504,3 m²

Bauteil: Dach Stahlbetonrippendecke

Bauteilaufbau: Stahlbetonrippendecke

U-Wert	0,20 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 1483,9 m²

Bauteil: OG Fassade außen West

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	0,73 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		305,12 m²
West OG FE Kleine Fenster	(Siehe transparente Bauteile)	-11,04 m²
West OG FE Ost & West	(Siehe transparente Bauteile)	-66,39 m²
Gesamtfläche		227,69 m²

Bauteil: OG Fassade außen Süd

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	0,73 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		689,70 m²
Süd OG FE Süd	(Siehe transparente Bauteile)	-451,26 m²
Gesamtfläche		238,44 m²

Bauteil: OG Fassade außen Ost

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	0,73 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		305,12 m²
Ost OG FE Kleine Fenster	(Siehe transparente Bauteile)	-11,04 m²
Ost OG FE Ost & West	(Siehe transparente Bauteile)	-66,39 m²
Gesamtfläche		227,69 m²

Bauteil: OG Fassade außen Nord

Bauteilaufbau: Mauerwerk

U-Wert	0,73 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		689,70 m²
Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zim	(Siehe transparente Bauteile)	-112,14 m²
Nord OG FE Nord (normal)	(Siehe transparente Bauteile)	-350,98 m²
Gesamtfläche		226,58 m²

Bauteil: Untersicht Auskragung OGs

Bauteilaufbau: Beton Auskragung OGs

U-Wert	0,76 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 143,6 m²

Bauteil: Dach Massivdecke 18 cm
Bauteilaufbau: Massivdecke 18 cm

U-Wert	0,20 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	778,5 m²		

Bauteil: Bodenplatte UG 40 cm
Bauteilaufbau: Bodenplatte 40 cm

U-Wert	0,29 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Erdreich
Fläche	605,5 m²		

Bauteil: Betonwand UG gegen Erdreich
Bauteilaufbau: Betonwand UG zu Erdreich

U-Wert	1,00 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	keine	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Erdreich
Fläche	345,1 m²		

Bauteil: Pausenhallendecke
Bauteilaufbau: Pausenhallendecke

U-Wert	0,07 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	465,5 m²		

Bauteil: Decke UG (Pausenhallenbereich)
Bauteilaufbau: Beton Decke UG (Pausenhallenbereich)

U-Wert	0,62 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	302,1 m²		

Bauteil: Dach Massivdecke 12 cm

Bauteilaufbau: Massivdecke 12 cm

U-Wert	0,20 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,10 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 260,6 m²

Bauteil: Bodenplatte UG 45 cm

Bauteilaufbau: Bodenplatte 45 cm

U-Wert	0,29 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Erdreich

Fläche 112,5 m²

Bauteil: Mauerwerk gedämmt

Bauteilaufbau: Mauerwerk gedämmt

U-Wert	0,60 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 100,0 m²

Bauteil: Untersicht Kragzimmer

Bauteilaufbau: Untersicht Kragzimmer

U-Wert	0,24 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 21,0 m²

Bauteil: Boden Gänge 2. OG

Bauteilaufbau: Boden Gänge 2.OG

U-Wert	2,71 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,17 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 14,6 m²

Bauteil: Betonwand UG gegen Kriechkeller

Bauteilaufbau: Betonwand UG zu Kriechkellern

U-Wert	1,00 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,13 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Unbeheizt (extern)

Fläche 142,9 m²

Bauteil: EG Fassade außen Ost

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	0,76 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		118,98 m²
Ost EG FE mit Brüstungspaneel	(Siehe transparente Bauteile)	-44,80 m²
Ost EG FE Modern	(Siehe transparente Bauteile)	-18,40 m²
Gesamtfläche		55,78 m²

Bauteil: Flanken Kragzimmer nach Ost

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	0,76 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 10,6 m²

Bauteil: Flanken Kragzimmer nach West

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	0,76 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 10,6 m²

Bauteil: EG Fassade außen West

Bauteilaufbau: Beton

U-Wert	0,76 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		118,98 m²
West EG FE Einfachverglasung (Eingangstü	(Siehe transparente Bauteile)	-18,40 m²
West EG FE mit Brüstungspaneel	(Siehe transparente Bauteile)	-44,80 m²
Gesamtfläche		55,78 m²

Bauteil: Überdachfassade nach West

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		11,73 m²
West Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-4,45 m²
Gesamtfläche		7,28 m²

Bauteil: EG Fassade außen Nord

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		261,01 m²
Nord EG FE nur Glas	(Siehe transparente Bauteile)	-150,16 m²
Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper	(Siehe transparente Bauteile)	-77,75 m²
Gesamtfläche		33,10 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach Nord

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		313,80 m²
Mauerwerk gedämmt	(Siehe opake Bauteile)	-100,04 m²
Nord Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-81,24 m²
Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau	(Siehe transparente Bauteile)	-9,02 m²
Nord Innenhöfe Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-45,36 m²
Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster	(Siehe transparente Bauteile)	-0,69 m²
Gesamtfläche		77,45 m²

Bauteil: Überdachfassade nach Süd

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		78,28 m²
Süd Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-22,25 m²
Gesamtfläche		56,03 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach Ost

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		347,03 m²
Ost Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-248,28 m²
Gesamtfläche		98,75 m²

Bauteil: Überdachfassade nach Ost

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		11,73 m²
Ost Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-4,45 m²
Gesamtfläche		7,28 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach West

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		347,03 m²
West Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-236,47 m²
Gesamtfläche		110,56 m²

Bauteil: Innenhoffassaden nach Süd

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		419,60 m²
Süd Innenhöfe Einfachverglasung	(Siehe transparente Bauteile)	-263,00 m²
Süd Innenhöfe Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-45,36 m²
West Innenhöfe moderner Anbau	(Siehe transparente Bauteile)	-34,49 m²
Gesamtfläche		76,75 m²

Bauteil: Überdachfassade nach Nord

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		78,28 m²
Nord Überdach-Oberlichter	(Siehe transparente Bauteile)	-22,25 m²
Gesamtfläche		56,03 m²

Bauteil: EG Fassade außen Süd

Bauteilaufbau: Beton (ohne energetische Ertüchtigung)

U-Wert	1,91 W/m²K	Verschattungsfaktor	0,90
C_i	0,00 Wh/m²K	C_a	0,00 Wh/K
Absorption α	50,0 %	Abstrahlung ε	80,0 %
R_{si}	0,13 m²K/W	R_{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Brutto-Fläche		161,60 m²
Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstür	(Siehe transparente Bauteile)	-26,08 m²
Süd EG FE mit Brüstungselementen	(Siehe transparente Bauteile)	-72,32 m²
Süd EG FE modern	(Siehe transparente Bauteile)	-9,64 m²
Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)	(Siehe transparente Bauteile)	-5,77 m²
Gesamtfläche		47,79 m²

U-Werte aller Bauteile

	U-Wert Variante [W/(m²K)]
Betonwand UG gegen Erdreich	1,00
Betonwand UG gegen Kriechkeller	1,00
Boden Gänge 2. OG	2,71
Bodenplatte UG 40 cm	0,29
Bodenplatte UG 45 cm	0,29
Dach Massivdecke 12 cm	0,20
Dach Massivdecke 18 cm	0,20
Dach Stahlbetonrippendecke	0,20
Decke EG zu Kriechkellern	0,30
Decke UG (Pausenhallenbereich)	0,62
EG Fassade außen Nord	1,91
EG Fassade außen Ost	0,76
EG Fassade außen Süd	1,91
EG Fassade außen West	0,76
Flanken Kragzimmer nach Ost	0,76
Flanken Kragzimmer nach West	0,76
Innenhoffassaden nach Nord	1,91
Innenhoffassaden nach Ost	1,91
Innenhoffassaden nach Süd	1,91
Innenhoffassaden nach West	1,91
Mauerwerk gedämmt	0,60
OG Fassade außen Nord	0,73
OG Fassade außen Ost	0,73
OG Fassade außen Süd	0,73
OG Fassade außen West	0,73
Pausenhallendecke	0,07
Überdachfassade nach Nord	1,91
Überdachfassade nach Ost	1,91
Überdachfassade nach Süd	1,91
Überdachfassade nach West	1,91
Untersicht Auskragung OGs	0,76
Untersicht Kragzimmer	0,24

Übersicht der transparenten Bauteile

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Fenster: Nord EG FE nur Glas
Fensteraufbau: FE EG Nord (Glas)

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Fläche 75,08 m²

Fenster: Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper)
Fensteraufbau: FE EG Nord (Glas)

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 77,75 m²

Fenster: Nord Innenhöfe Einfachverglasung
Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 4-mal berücksichtigt.

Fläche 20,31 m²

Fenster: Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau Pausenhalle Ost)
Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	19,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 9,02 m²

Fenster: Nord Innenhöfe Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 8-mal berücksichtigt.

Fläche 5,67 m²

Fenster: Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zimmer)

Fensteraufbau: FE OG Nord

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Fläche 56,07 m²

Fenster: Nord OG FE Nord (normal)

Fensteraufbau: FE OG Nord

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	11,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 7-mal berücksichtigt.

Fläche 50,14 m²

Fenster: Nord Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 5-mal berücksichtigt.

Fläche 4,45 m²

Fenster: Ost EG FE mit Brüstungspaneel

Fensteraufbau: FE EG mit Brüstungselementen

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	44,80 m²		

Fenster: Ost EG FE Modern

Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	19,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	18,40 m²		

Fenster: Ost Innenhöfe Einfachverglasung

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	248,28 m²		

Fenster: Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster

Fensteraufbau: Kleine Fenster

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	43,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	0,69 m²		

Fenster: Ost OG FE Kleine Fenster

Fensteraufbau: Kleine Fenster

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	43,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 16-mal berücksichtigt.

Fläche 0,69 m²

Fenster: Ost OG FE Ost & West

Fensteraufbau: FE OG Ost & West

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 66,39 m²

Fenster: Ost Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 4,45 m²

Fenster: Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 26,08 m²

Fenster: Süd EG FE mit Brüstungselementen

Fensteraufbau: FE EG mit Brüstungselementen

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 72,32 m²

Fenster: Süd EG FE modern

Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 9,64 m²

Fenster: Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 5,77 m²

Fenster: Süd Innenhöfe Einfachverglasung

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Fläche 131,50 m²

Fenster: Süd Innenhöfe Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 8-mal berücksichtigt.

Fläche 5,67 m²

Fenster: Süd OG FE Süd

Fensteraufbau: FE OG Süd

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	21,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 9-mal berücksichtigt.

Fläche 50,14 m²

Fenster: Süd Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 5-mal berücksichtigt.

Fläche 4,45 m²

Fenster: West EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 18,40 m²

Fenster: West EG FE mit Brüstungspaneel

Fensteraufbau: FE EG mit Brüstungselementen

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,40 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 44,80 m²

Fenster: West Innenhöfe Einfachverglasung

Fensteraufbau: FE Einfachverglasung

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,50 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 236,47 m²

Fenster: West Innenhöfe moderner Anbau

Fensteraufbau: FE Modern

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	19,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,20 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Fläche 34,49 m²

Fenster: West OG FE Kleine Fenster

Fensteraufbau: Kleine Fenster

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	43,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	2,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 16-mal berücksichtigt.

Fläche 0,69 m²

Fenster: West OG FE Ost & West

Fensteraufbau: FE OG Ost & West

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	15,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	66,39 m²		

Fenster: West Überdach-Oberlichter

Fensteraufbau: FE Oberlichter

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	26,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,90 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Gebäude	Zone außen	Außenluft
Fläche	4,45 m²		

Bauphysikalische Berechnungen der Fenster

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

U-Werte aller Fenster

	U-Wert Variante [W/(m²K)]	Fläche [m²]
Nord EG FE nur Glas	1,40	150,16
Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper)	1,40	77,75
Nord Innenhöfe Einfachverglasung	1,50	81,24
Nord Innenhöfe Moderne Verglasung (Anbau Pausenhalle Ost)	1,20	9,02
Nord Innenhöfe Oberlichter	1,90	45,36
Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zimmer)	1,40	112,14
Nord OG FE Nord (normal)	1,40	350,98
Nord Überdach-Oberlichter	1,90	22,25
Ost EG FE mit Brüstungspaneel	1,40	44,80
Ost EG FE Modern	1,20	18,40
Ost Innenhöfe Einfachverglasung	1,50	248,28
Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster	2,30	0,69
Ost OG FE Kleine Fenster	2,30	11,04
Ost OG FE Ost & West	1,30	66,39
Ost Überdach-Oberlichter	1,90	4,45
Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)	1,50	26,08
Süd EG FE mit Brüstungselementen	1,40	72,32
Süd EG FE modern	1,20	9,64
Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)	1,90	5,77
Süd Innenhöfe Einfachverglasung	1,50	263,00
Süd Innenhöfe Oberlichter	1,90	45,36
Süd OG FE Süd	1,50	451,26
Süd Überdach-Oberlichter	1,90	22,25
West EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)	1,50	18,40
West EG FE mit Brüstungspaneel	1,40	44,80
West Innenhöfe Einfachverglasung	1,50	236,47
West Innenhöfe moderner Anbau	1,20	34,49
West OG FE Kleine Fenster	2,30	11,04
West OG FE Ost & West	1,30	66,39
West Überdach-Oberlichter	1,90	4,45

Kurzergebnisse

Berechnung vom 14.04.2016 08:30:02
BKI Energieplaner Version 15.0.4
Berechnungsmodus: Energieausweis nach EnEV §16 Abs. 2 (Bestandsgebäude)
Klimaregion: Referenzklima EnEV 2014
Berechnungsvorschrift: EnEV 2014 mit DIN V 18599

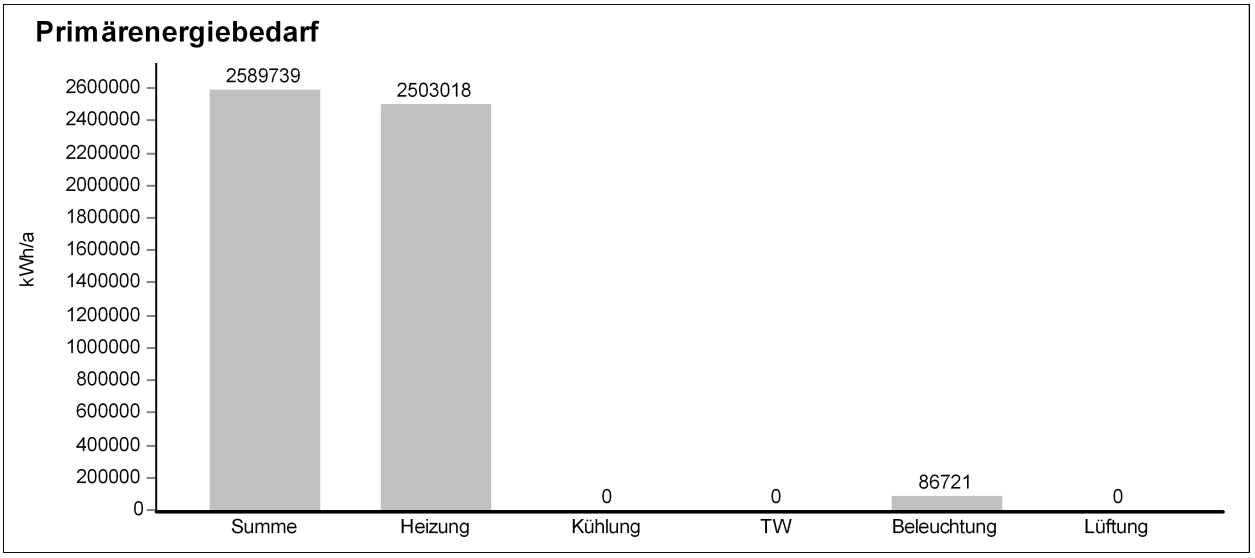
Bauphysik:	**Gesamtgebäude**	
	thermisch konditioniertes Volumen V_e	27922 m³
	Nettogrundfläche A_{NGF}	6872 m²
	Verhältnis A/V_e	0,37 1/m
	Luftvolumen V	20897 m³
	Fläche Gebäudehülle A	10459,0 m²
Primärenergie:	Primärenergiebedarf gesamt Q_p	2589739 kWh/a
	Primärenergiebedarf Heizung $Q_{h,p}$	2503018 kWh/a
	Primärenergiebedarf Kälte $Q_{c,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,p}$	86721 kWh/a
	Primärenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $W_{v,p}$	0 kWh/a
	Primärenergieanteil regenerativer Strom EnEV §5	0 kWh/a
Endenergie:	Endenergiebedarf gesamt Q_f	2568965 kWh/a
(incl. Hilfsenergie)	Endenergiebedarf Heizung $Q_{h,f}$	2520786 kWh/a
	Endenergiebedarf Kälte $Q_{c,f}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,f}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,f}$	48178 kWh/a
	Endenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) W_v	0 kWh/a
Endenergie:	Wärmeerzeugung Raumwärme $Q_{h,f}$	2514679 kWh/a
(nach Bedarfsdeckung)	Wärmeerzeugung RLT-Heizfunktion $Q_{h^*,f}$	0 kWh/a
	Wärmeerzeugung Absorptionskältemaschine $Q_{h,AKM,f}$	0 kWh/a
	Kälteerzeugung Raumkühlung $Q_{c,f}$	0 kWh/a
	Kälteerzeugung RLT-Kühlfunktion $Q_{c^*,f}$	0 kWh/a
	Dampferzeugung/Befeuchtung (nur Dampf) $Q_{m^*,f}$	0 kWh/a
	Warmwasserbereitung $Q_{w,f}$	0 kWh/a
	Hilfsenergie Lufttransport $Q_{v,f}$	0 kWh/a
	Beleuchtung $Q_{l,f}$	48178 kWh/a
	Endenergieanteil regenerativer Strom EnEV §5	0 kWh/a
Hilfsenergie:	Hilfsenergiebedarf gesamt W_f	6108 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Heizung und Wärme RLT-Anlage $W_h + W_{h,ac}$	6108 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kühlsystem W_v	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kälte RLT-Anlage $W_{v,p}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m,ac,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Absorptionskältemaschine $Q_{h,r,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Trinkwarmwasser W_w	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Lüftung W_v	0 kWh/a
Nutzenergie:	Nutzenergiebedarf Summe Bedarf Q_b	1691654 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung $Q_{h,b} + Q_{vh,b}$	1643475 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung $Q_{c,b} + Q_{vc,b} + Q_{m^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Warmwasser $Q_{w,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,b}$	48178 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung statisch $Q_{h,b}$	1643475 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung Luftaufbereitung $Q_{vh,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung statisch $Q_{c,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung Luftaufbereitung $Q_{vc,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Heizregister $Q_{h^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Kühlregister $Q_{c^*,b}$	0 kWh/a
	spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T':	1,844 W/(m²K)

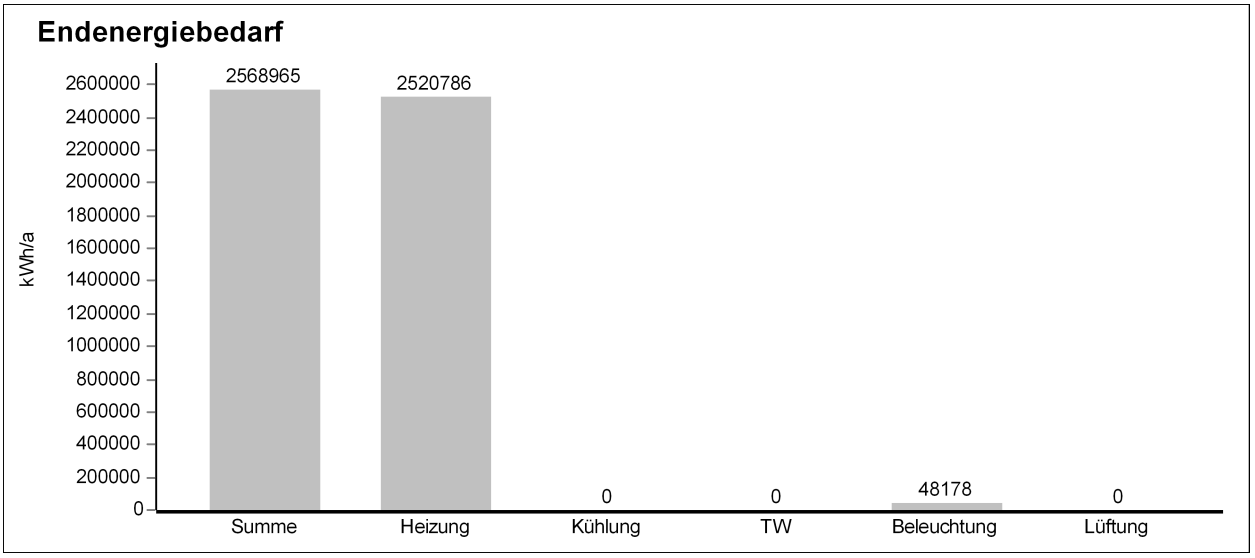
Wärmebilanz Heizung:	spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T':	1,844 W/(m²K)
	spezifischer Wärmebrückenverlust $H_{T,WB}$':	0,100 W/(m²K)
	spezifischer Heizwärmebedarf q_h	239 kWh/m²a
	Transmissionswärmeverluste Q_t	1681942 kWh/a
	Lüftungswärmeverluste Q_v	642031 kWh/a
	solare Wärmegewinne Q_s	502930 kWh/a
	interne Wärmegewinne Q_i	177567 kWh/a

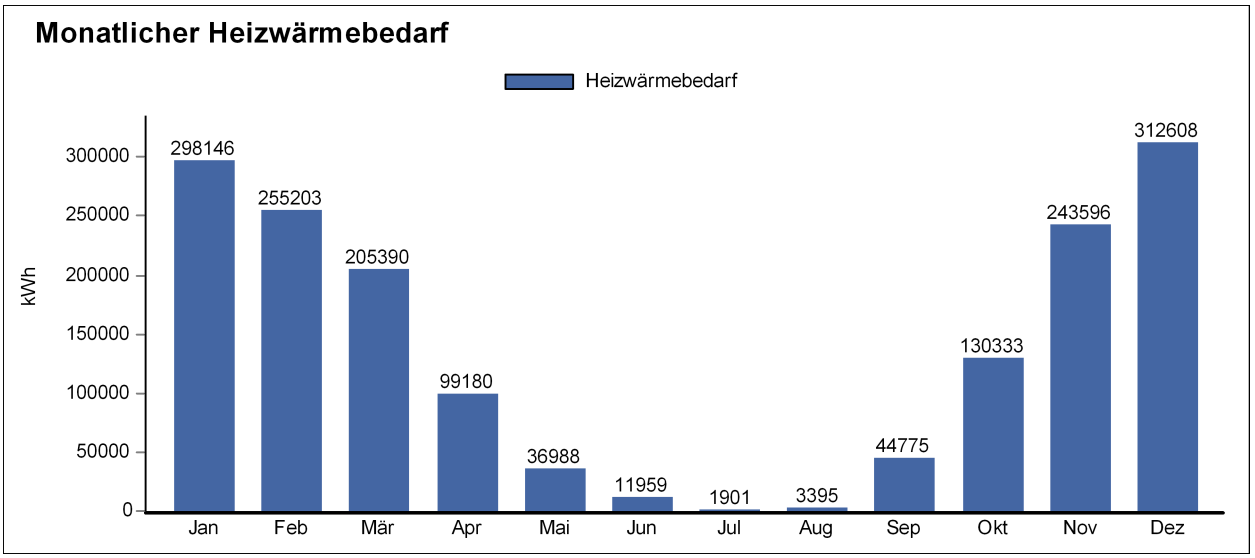
Ergebnisse für das Referenzgebäude:

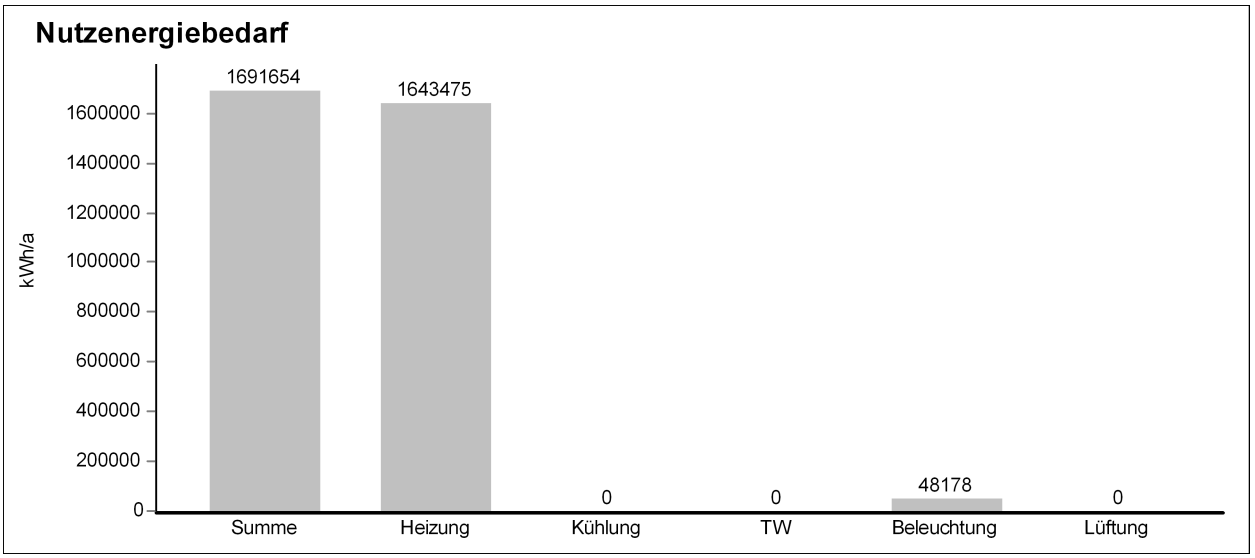
Primärenergie:	Primärenergiebedarf gesamt Q_p	734139 kWh/a
(Referenzgebäude)	Primärenergiebedarf Heizung $Q_{h,p}$	690897 kWh/a
	Primärenergiebedarf Kälte $Q_{c,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,p}$	43242 kWh/a
	Primärenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $Q_{v,p,aux}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf für EnEV-Nachweis Q_p	550604 kWh/a
Endenergie:	Endenergiebedarf gesamt Q_f	687658 kWh/a
(Referenzgebäude)	Endenergiebedarf Heizung $Q_{h,e}$	663635 kWh/a
(incl. Hilfsenergie)	Endenergiebedarf Kälte $Q_{c,e}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,e}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,e}$	24023 kWh/a
	Endenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $Q_{v,e,aux}$	0 kWh/a
Endenergie:	Wärmeerzeugung Raumwärme $Q_{h,f}$	660723 kWh/a
(Referenzgebäude)	Wärmeerzeugung RLT-Heizfunktion $Q_{h^*,f}$	0 kWh/a
(nach Bedarfsdeckung)	Wärmeerzeugung Absorptionskältemaschine $Q_{h,AKM,f}$	0 kWh/a
	Kälteerzeugung Raumkühlung $Q_{c,f}$	0 kWh/a
	Wärmeerzeugung RLT-Kühlfunktion $Q_{c^*,f}$	0 kWh/a
	Dampferzeugung/Befeuchtung (nur Dampf) $Q_{m^*,f}$	0 kWh/a
	Warmwasserbereitung $Q_{w,f}$	0 kWh/a
	Hilfsenergie Lufttransport $Q_{v,f}$	0 kWh/a
	Beleuchtung $Q_{l,f}$	24023 kWh/a
Hilfsenergie:	Hilfsenergiebedarf gesamt W_f	2911 kWh/a
(Referenzgebäude)	Hilfsenergiebedarf Heizung und Wärme RLT-Anlage $W_h + W_{h,ac}$	2911 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kühlsystem W_v	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kälte RLT-Anlage $W_{v,p}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m,ac,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Absorptionskältemaschine $Q_{h,r,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Trinkwarmwasser W_w	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Lüftung W_v	0 kWh/a
Nutzenergie:	Nutzenergiebedarf Summe Bedarf Q_b	546895 kWh/a
(Referenzgebäude)	Nutzenergiebedarf Heizung $Q_{h,b} + Q_{vh,b}$	522872 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung $Q_{c,b} + Q_{vc,b} + Q_{m^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Warmwasser $Q_{w,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,b}$	24023 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung statisch $Q_{h,b}$	522872 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung Luftaufbereitung $Q_{vh,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung statisch $Q_{c,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung Luftaufbereitung $Q_{vc,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Heizregister $Q_{h^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Kühlregister $Q_{c^*,b}$	0 kWh/a
	spezifischer Transmissionswärmeverlust Ref. H_T':	0,548 W/(m²K)
	CO_2-Emission Referenzgebäude:	0 kg/a
Ökonomie:	Kapitalzinssatz	0,00 %
	kalkulatorischer Zinssatz	0,00 %
	allg. Preissteigerungsrate Energie	0,0 %
	Preissteigerungsrate Technik	0,0 %

Preissteigerungsrate Wartung	0,0 %
Eigenkapital	0 €
Nutzungsdauer der Gesamtmassnahme	0 a
Nutzungsdauer der Anlagentechnik	0 a
Kreditlaufzeit	0 a
Annuitätsfaktor Investitionen	0,000
Annuitätsfaktor Eigenkapital	0,000
allg. Mittelwertfaktor Energie	0,00
Mittelwertfaktor Wartung	0,00
Reinvestitionsfaktor Technik	1,00
Investitionskosten	0 €
Wartungskosten ohne Mittelwertfaktor	0 €
Annuität	0 €/a
Einsparung Energiekosten	0 €/a
Ammortisationsdauer	0 a



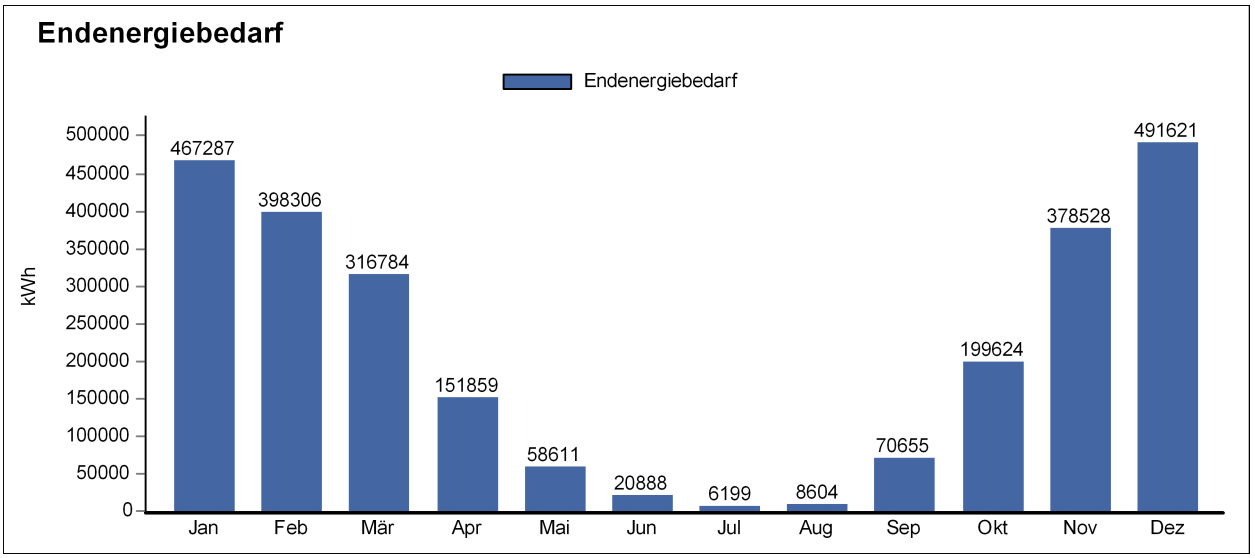


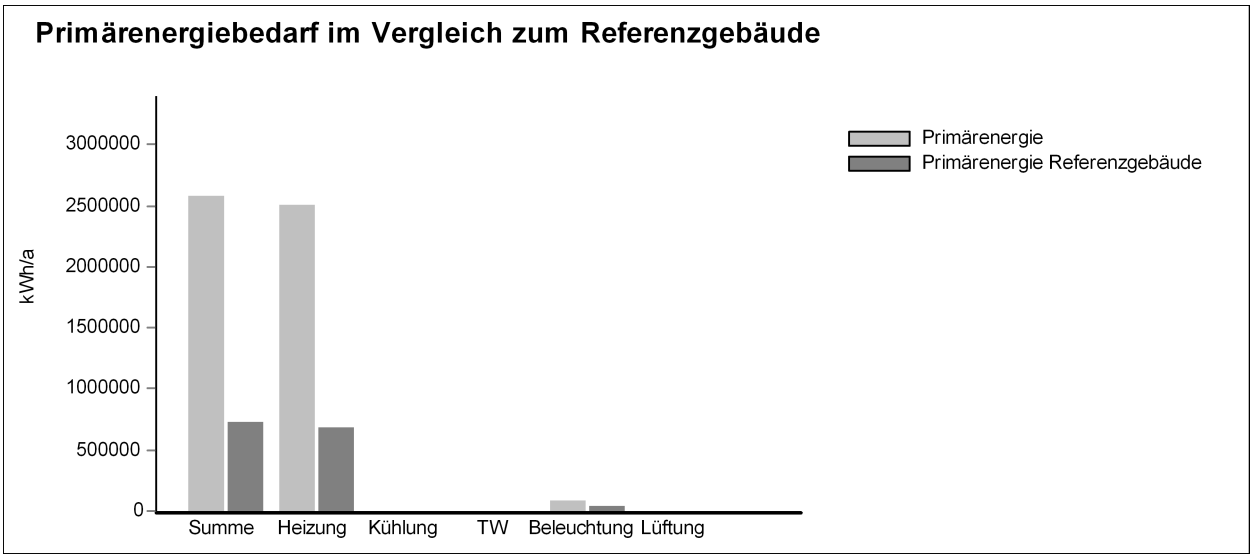


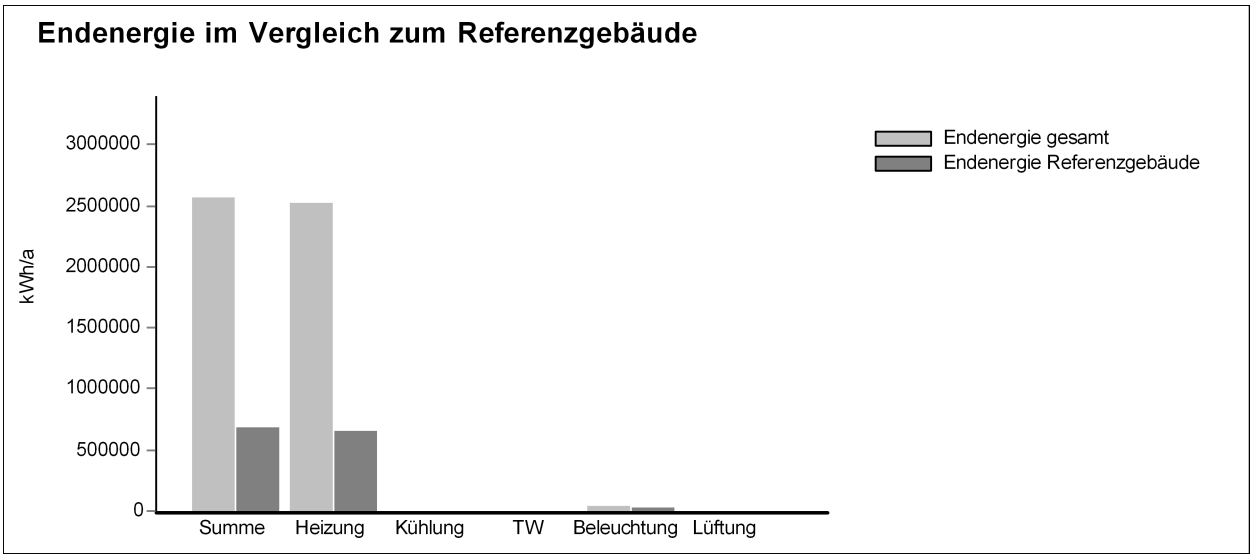


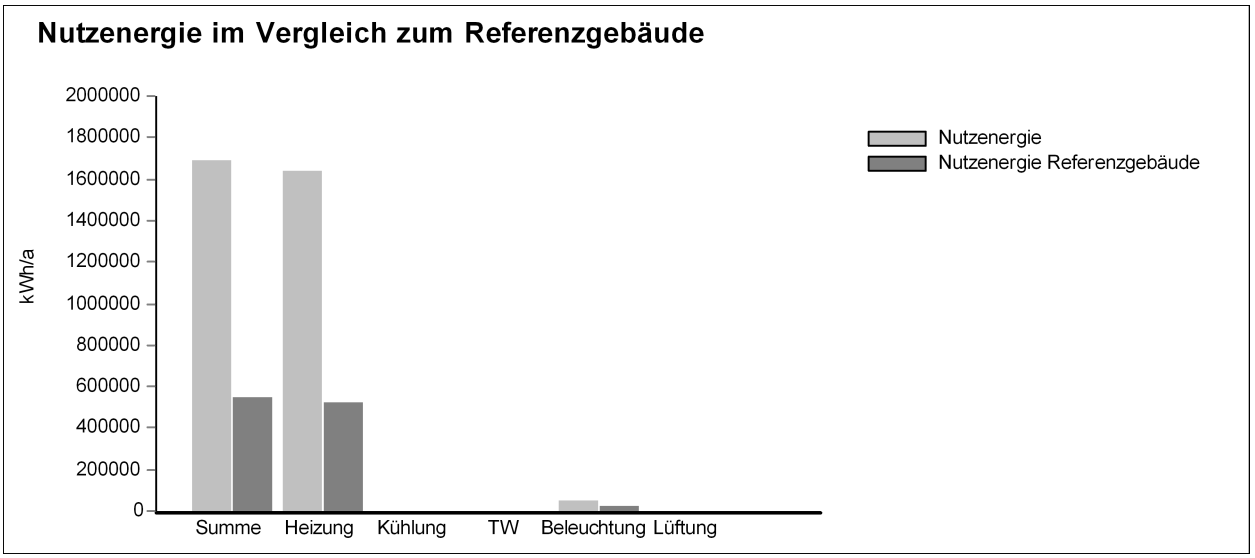
Monatlicher End- und Primärenergiebedarf

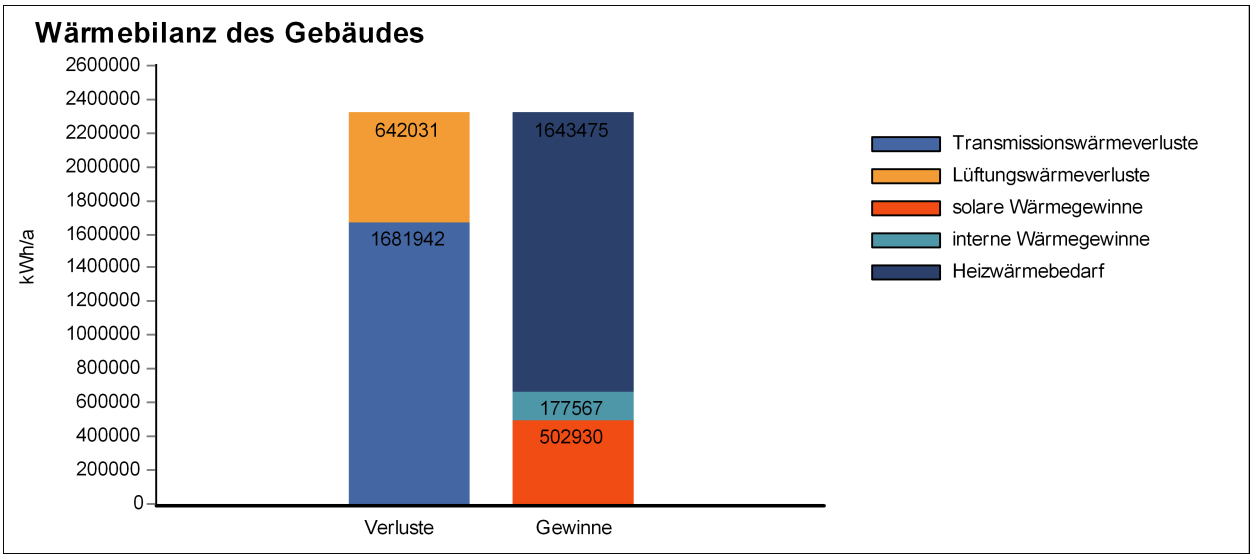
	Energie-bedarf [kWh/a]	Primär-energie-bedarf [kWh/a]
Januar	467287	467772
Februar	398306	398507
März	316784	317612
April	151859	153619
Mai	58611	60998
Juni	20888	23367
Juli	6199	8897
August	8604	11447
September	70655	73333
Oktober	199624	201815
November	378528	379715
Dezember	491621	492656
Summe	2568965	2589739

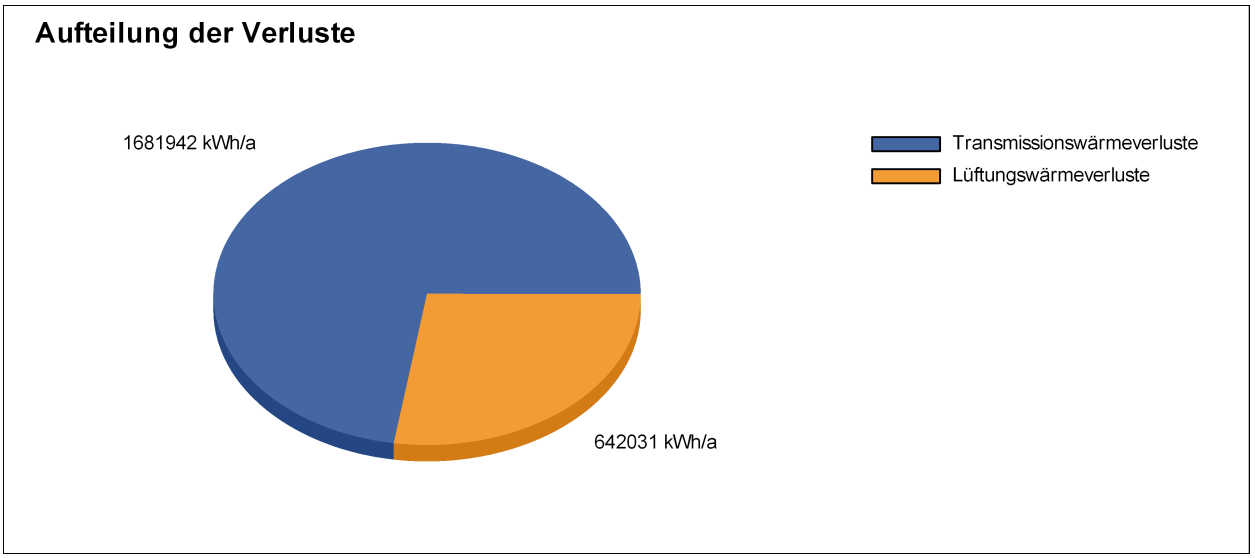

Endenergiebedarf
Endenergiebedarf
kWh
500000
450000
400000
350000
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
467287
398306
316784
151859
58611
20888
6199
8604
70655
199624
378528
491621
Jan
Feb
Mär
Apr
Mai
Jun
Jul
Aug
Sep
Okt
Nov
Dez

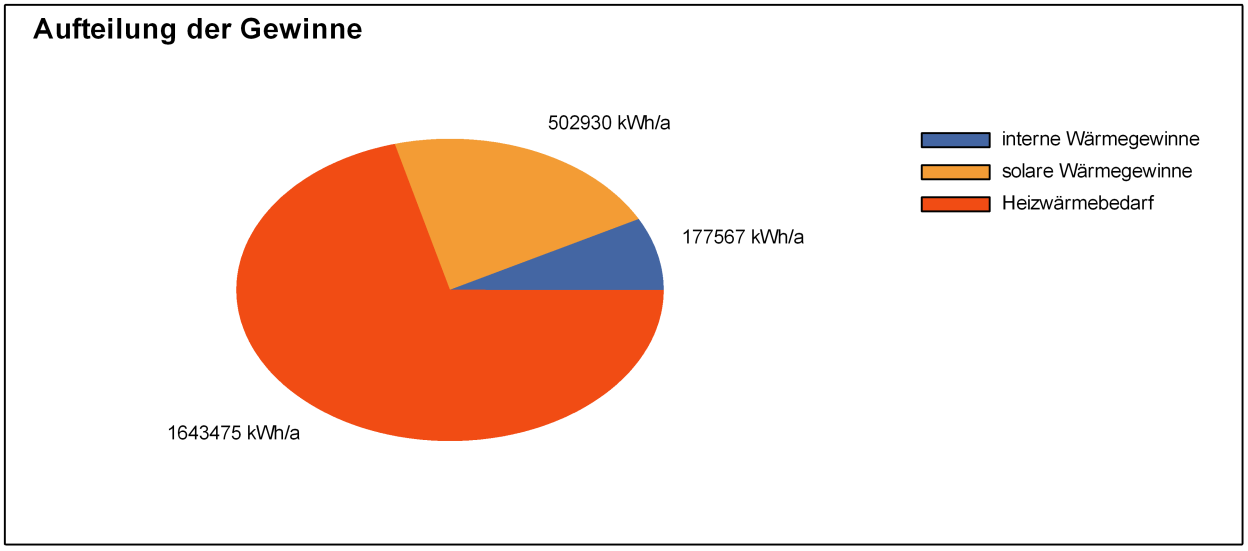

Primärenergiebedarf im Vergleich zum Referenzgebäude
Primärenergie
Primärenergie Referenzgebäude
kWh/a
3000000
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
Summe
Heizung
Kühlung
TW
Beleuchtung
Lüftung

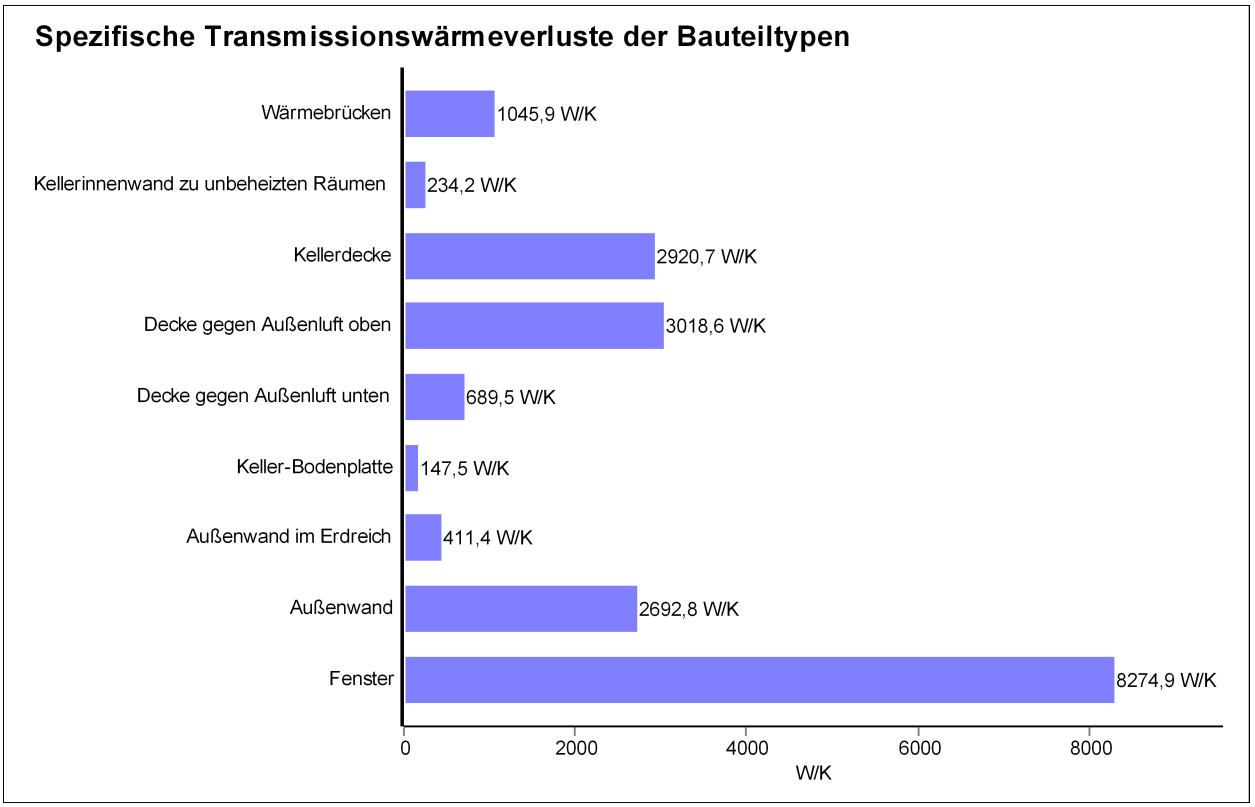

Endenergie im Vergleich zum Referenzgebäude
Endenergie gesamt
Endenergie Referenzgebäude
kWh/a
3000000
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
Summe
Heizung
Kühlung
TW
Beleuchtung
Lüftung

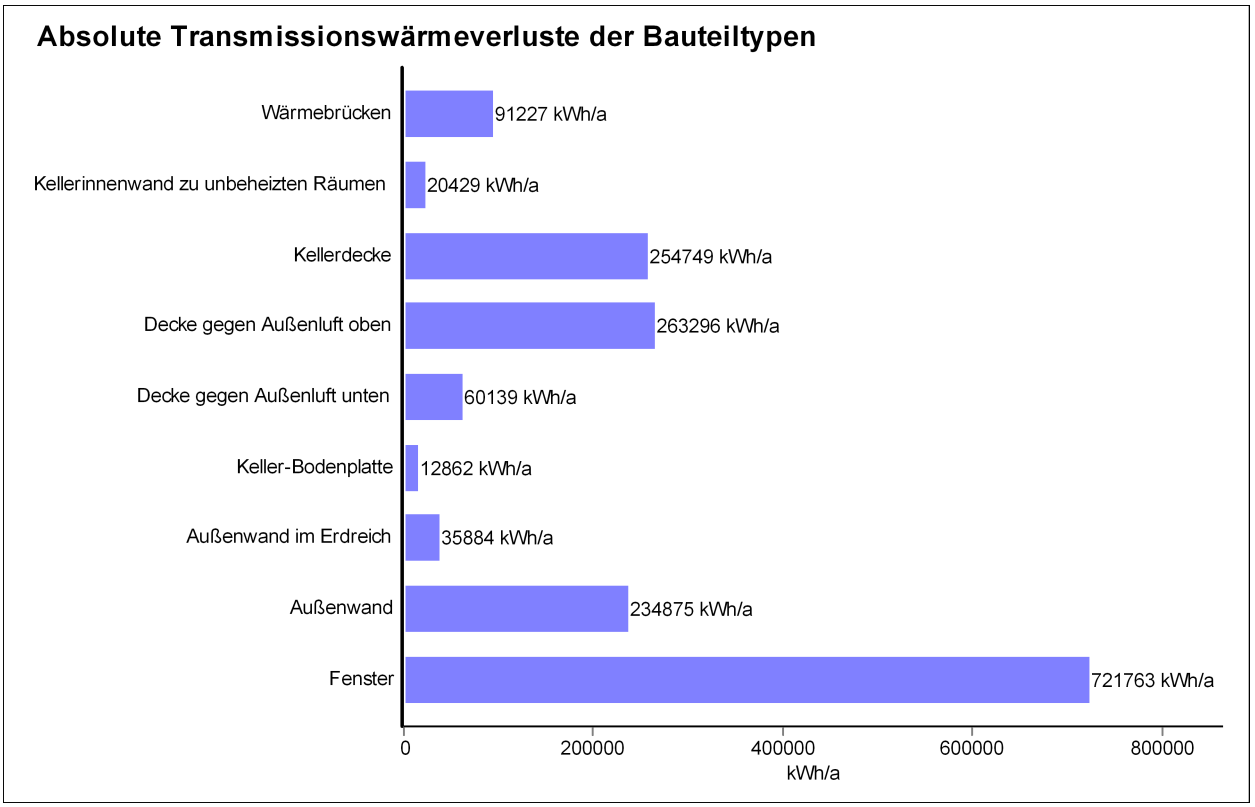

Nutzenergie im Vergleich zum Referenzgebäude
kWh/a
2000000
1800000
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
0
Summe
Heizung
Kühlung
TW
Beleuchtung
Lüftung
Nutzenergie
Nutzenergie Referenzgebäude

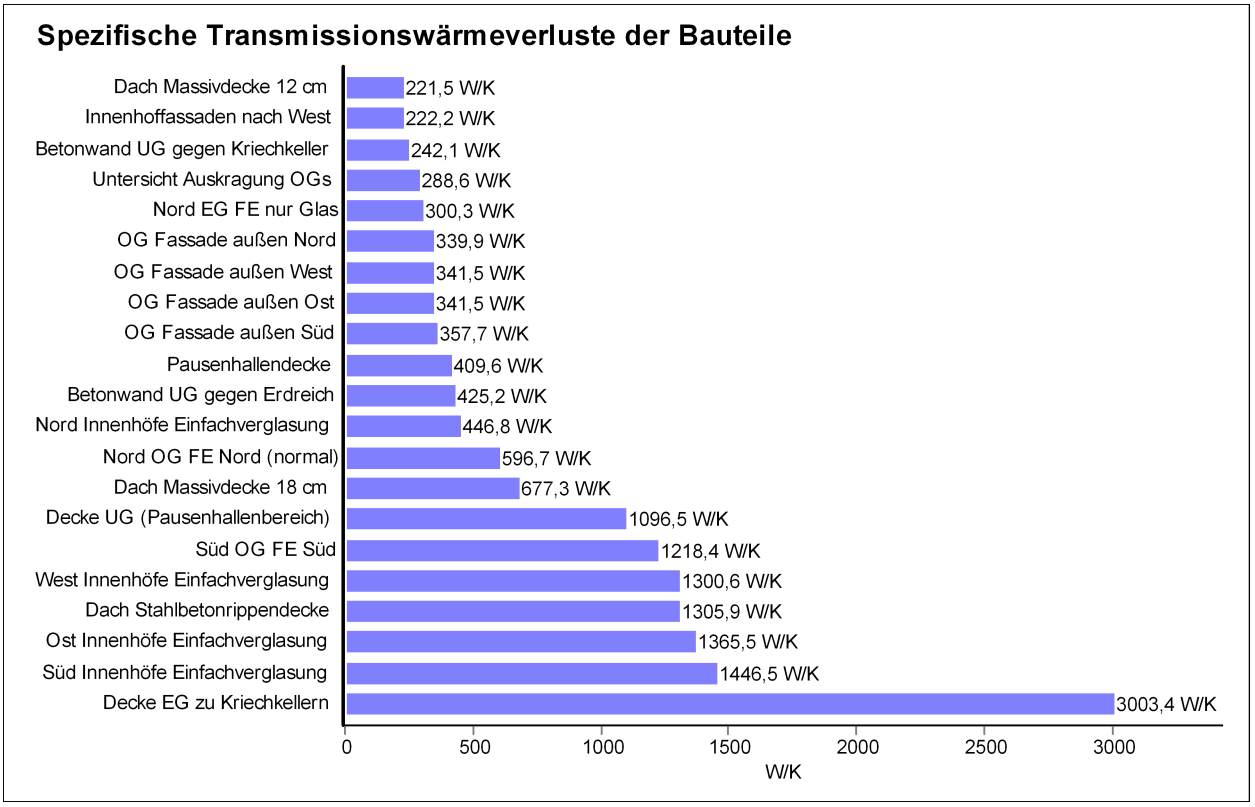

Wärmebilanz des Gebäudes
kWh/a
2600000
2400000
2200000
2000000
1800000
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
0
642031
1681942
1643475
177567
502930
Verluste
Gewinne
Transmissionswärmeverluste
Lüftungswärmeverluste
solare Wärmegewinne
interne Wärmegewinne
Heizwärmebedarf

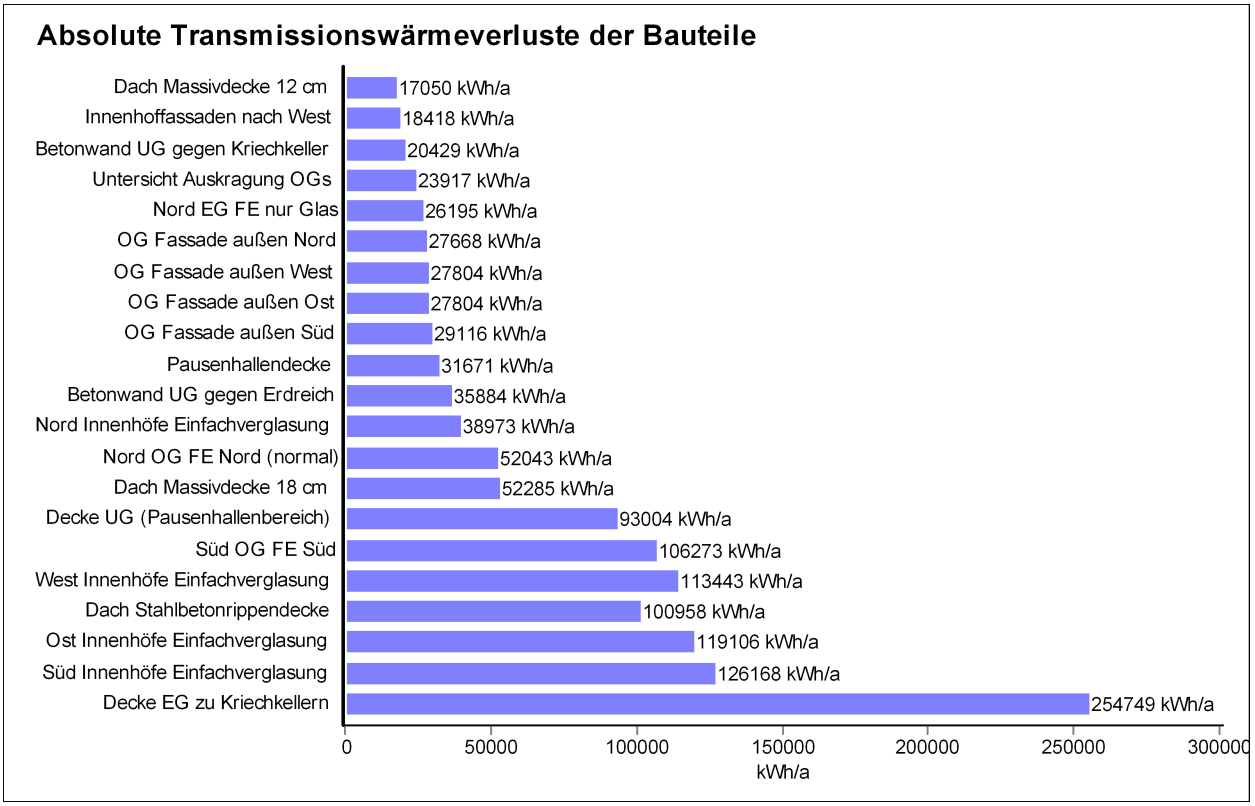

Aufteilung der Verluste
1681942 kWh/a
642031 kWh/a
Transmissionswärmeverluste
Lüftungswärmeverluste


Aufteilung der Gewinne
502930 kWh/a
177567 kWh/a
1643475 kWh/a
interne Wärmegewinne
solare Wärmegewinne
Heizwärmebedarf


Spezifische Transmissionswärmeverluste der Bauteiltypen
Wärmebrücken
1045,9 W/K
Kellerinnenwand zu unbeheizten Räumen
234,2 W/K
Kellerdecke
2920,7 W/K
Decke gegen Außenluft oben
3018,6 W/K
Decke gegen Außenluft unten
689,5 W/K
Keller-Bodenplatte
147,5 W/K
Außenwand im Erdreich
411,4 W/K
Außenwand
2692,8 W/K
Fenster
8274,9 W/K
0
2000
4000
6000
8000
W/K


Absolute Transmissionswärmeverluste der Bauteiltypen
Wärmebrücken
91227 kWh/a
Kellerinnenwand zu unbeheizten Räumen
20429 kWh/a
Kellerdecke
254749 kWh/a
Decke gegen Außenluft oben
263296 kWh/a
Decke gegen Außenluft unten
60139 kWh/a
Keller-Bodenplatte
12862 kWh/a
Außenwand im Erdreich
35884 kWh/a
Außenwand
234875 kWh/a
Fenster
721763 kWh/a
0
200000
400000
600000
800000
kWh/a


Spezifische Transmissionswärmeverluste der Bauteile
Dach Massivdecke 12 cm
221,5 W/K
Innenhoffassaden nach West
222,2 W/K
Betonwand UG gegen Kriechkeller
242,1 W/K
Untersicht Auskragung OGs
288,6 W/K
Nord EG FE nur Glas
300,3 W/K
OG Fassade außen Nord
339,9 W/K
OG Fassade außen West
341,5 W/K
OG Fassade außen Ost
341,5 W/K
OG Fassade außen Süd
357,7 W/K
Pausenhallendecke
409,6 W/K
Betonwand UG gegen Erdreich
425,2 W/K
Nord Innenhöfe Einfachverglasung
446,8 W/K
Nord OG FE Nord (normal)
596,7 W/K
Dach Massivdecke 18 cm
677,3 W/K
Decke UG (Pausenhallenbereich)
1096,5 W/K
Süd OG FE Süd
1218,4 W/K
West Innenhöfe Einfachverglasung
1300,6 W/K
Dach Stahlbetonrippendecke
1305,9 W/K
Ost Innenhöfe Einfachverglasung
1365,5 W/K
Süd Innenhöfe Einfachverglasung
1446,5 W/K
Decke EG zu Kriechkellern
3003,4 W/K
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
W/K


Absolute Transmissionswärmeverluste der Bauteile
Dach Massivdecke 12 cm
17050 kWh/a
Innenhoffassaden nach West
18418 kWh/a
Betonwand UG gegen Kriechkeller
20429 kWh/a
Untersicht Auskragung OGs
23917 kWh/a
Nord EG FE nur Glas
26195 kWh/a
OG Fassade außen Nord
27668 kWh/a
OG Fassade außen West
27804 kWh/a
OG Fassade außen Ost
27804 kWh/a
OG Fassade außen Süd
29116 kWh/a
Pausenhallendecke
31671 kWh/a
Betonwand UG gegen Erdreich
35884 kWh/a
Nord Innenhöfe Einfachverglasung
38973 kWh/a
Nord OG FE Nord (normal)
52043 kWh/a
Dach Massivdecke 18 cm
52285 kWh/a
Decke UG (Pausenhallenbereich)
93004 kWh/a
Süd OG FE Süd
106273 kWh/a
West Innenhöfe Einfachverglasung
113443 kWh/a
Dach Stahlbetonrippendecke
100958 kWh/a
Ost Innenhöfe Einfachverglasung
119106 kWh/a
Süd Innenhöfe Einfachverglasung
126168 kWh/a
Decke EG zu Kriechkellern
254749 kWh/a
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
kWh/a

Kurzergebnisse

Variante: Modell nach energetischer Ertüchtigung

Berechnung vom 14.04.2016 08:37:28
BKI Energieplaner Version 15.0.4
Berechnungsmodus: Energieausweis nach EnEV §16 Abs. 2 (Bestandsgebäude)
Klimaregion: Referenzklima EnEV 2014
Berechnungsvorschrift: EnEV 2014 mit DIN V 18599

Bauphysik:	**Gesamtgebäude**	
	thermisch konditioniertes Volumen V_e	27922 m³
	Nettogrundfläche A_{NGF}	6872 m²
	Verhältnis A/V_e	0,37 1/m
	Luftvolumen V	20897 m³
	Fläche Gebäudehülle A	10459,0 m²
Primärenergie:	Primärenergiebedarf gesamt Q_p	1143469 kWh/a
	Primärenergiebedarf Heizung $Q_{h,p}$	1055446 kWh/a
	Primärenergiebedarf Kälte $Q_{c,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,p}$	88024 kWh/a
	Primärenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $W_{v,p}$	0 kWh/a
	Primärenergieanteil regenerativer Strom EnEV §5	0 kWh/a
Endenergie:	Endenergiebedarf gesamt Q_f	1111639 kWh/a
(incl. Hilfsenergie)	Endenergiebedarf Heizung $Q_{h,f}$	1062737 kWh/a
	Endenergiebedarf Kälte $Q_{c,f}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,f}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,f}$	48902 kWh/a
	Endenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) W_v	0 kWh/a
Endenergie:	Wärmeerzeugung Raumwärme $Q_{h,f}$	1059915 kWh/a
(nach Bedarfsdeckung)	Wärmeerzeugung RLT-Heizfunktion $Q_h^*{}_{,f}$	0 kWh/a
	Wärmeerzeugung Absorptionskältemaschine $Q_{h,AKM,f}$	0 kWh/a
	Kälteerzeugung Raumkühlung $Q_{c,f}$	0 kWh/a
	Kälteerzeugung RLT-Kühlfunktion $Q_c^*{}_{,f}$	0 kWh/a
	Dampferzeugung/Befeuchtung (nur Dampf) $Q_m^*{}_{,f}$	0 kWh/a
	Warmwasserbereitung $Q_{w,f}$	0 kWh/a
	Hilfsenergie Lufttransport $Q_{v,f}$	0 kWh/a
	Beleuchtung $Q_{l,f}$	48902 kWh/a
	Endenergieanteil regenerativer Strom EnEV §5	0 kWh/a
Hilfsenergie:	Hilfsenergiebedarf gesamt W_f	2822 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Heizung und Wärme RLT-Anlage $W_h + W_{h,ac}$	2822 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kühlsystem W_v	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kälte RLT-Anlage $W_{v,p}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m,ac,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Absorptionskältemaschine $Q_{h,r,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Trinkwarmwasser W_w	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Lüftung W_v	0 kWh/a
Nutzenergie:	Nutzenergiebedarf Summe Bedarf Q_b	725358 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung $Q_{h,b} + Q_{vh,b}$	676456 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung $Q_{c,b} + Q_{vc,b} + Q_m^*{}_{,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Warmwasser $Q_{w,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,b}$	48902 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung statisch $Q_{h,b}$	676456 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung Luftaufbereitung $Q_{vh,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung statisch $Q_{c,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung Luftaufbereitung $Q_{vc,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Befeuchtung $Q_m^*{}_{,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Heizregister $Q_h^*{}_{,b}$	0 kWh/a

	Nutzenergiebedarf für RLT-Kühlregister $Q_{c^*,b}$	0 kWh/a
	spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T':	0,767 W/(m²K)
Wärmebilanz Heizung:	spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T':	0,767 W/(m²K)
	spezifischer Wärmebrückenverlust $H_{T,WB}$':	0,100 W/(m²K)
	spezifischer Heizwärmebedarf q_h	98 kWh/m²a
	Transmissionswärmeverluste Q_t	703114 kWh/a
	Lüftungswärmeverluste Q_v	481265 kWh/a
	solare Wärmegewinne Q_s	338943 kWh/a
	interne Wärmegewinne Q_i	168980 kWh/a

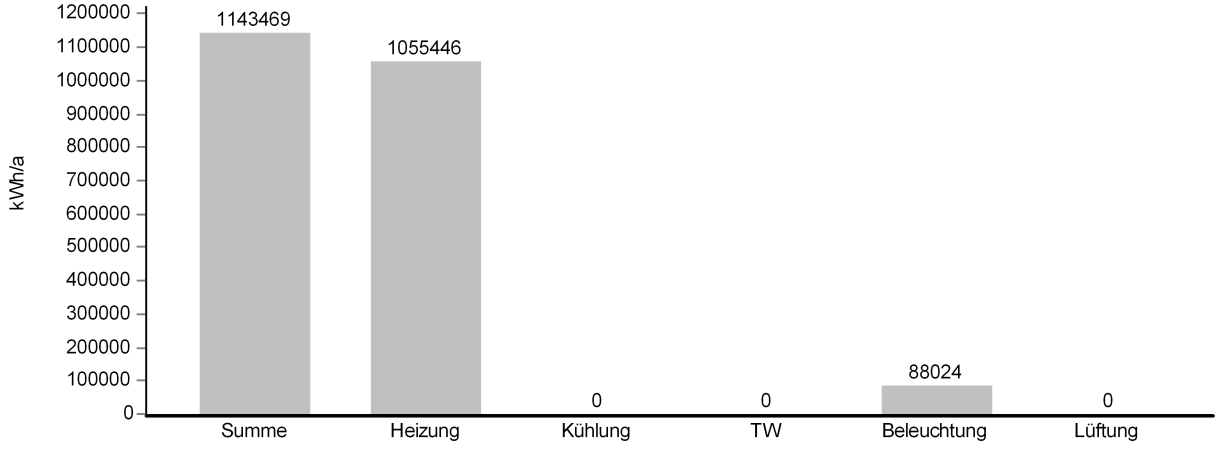
Ergebnisse für das Referenzgebäude:

Primärenergie:	Primärenergiebedarf gesamt Q_p	734139 kWh/a
(Referenzgebäude)	Primärenergiebedarf Heizung $Q_{h,p}$	690897 kWh/a
	Primärenergiebedarf Kälte $Q_{c,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,p}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,p}$	43242 kWh/a
	Primärenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $Q_{v,p,aux}$	0 kWh/a
	Primärenergiebedarf für EnEV-Nachweis Q_p	550604 kWh/a
Endenergie:	Endenergiebedarf gesamt Q_f	687658 kWh/a
(Referenzgebäude)	Endenergiebedarf Heizung $Q_{h,e}$	663635 kWh/a
(incl. Hilfsenergie)	Endenergiebedarf Kälte $Q_{c,e}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Trinkwarmwasser $Q_{w,e}$	0 kWh/a
	Endenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,e}$	24023 kWh/a
	Endenergiebedarf Lüftung (Hilfsenergie) $Q_{v,e,aux}$	0 kWh/a
Endenergie:	Wärmeerzeugung Raumwärme $Q_{h,f}$	660723 kWh/a
(Referenzgebäude)	Wärmeerzeugung RLT-Heizfunktion $Q_{h^*,f}$	0 kWh/a
(nach Bedarfsdeckung)	Wärmeerzeugung Absorptionskältemaschine $Q_{h,AKM,f}$	0 kWh/a
	Kälteerzeugung Raumkühlung $Q_{c,f}$	0 kWh/a
	Wärmeerzeugung RLT-Kühlfunktion $Q_{c^*,f}$	0 kWh/a
	Dampferzeugung/Befeuchtung (nur Dampf) $Q_{m^*,f}$	0 kWh/a
	Warmwasserbereitung $Q_{w,f}$	0 kWh/a
	Hilfsenergie Lufttransport $Q_{v,f}$	0 kWh/a
	Beleuchtung $Q_{l,f}$	24023 kWh/a
Hilfsenergie:	Hilfsenergiebedarf gesamt W_f	2911 kWh/a
(Referenzgebäude)	Hilfsenergiebedarf Heizung und Wärme RLT-Anlage $W_h + W_{h,ac}$	2911 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kühlsystem W_v	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Kälte RLT-Anlage $W_{v,p}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m,ac,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Absorptionskältemaschine $Q_{h,r,aux}$	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Trinkwarmwasser W_w	0 kWh/a
	Hilfsenergiebedarf Lüftung W_v	0 kWh/a
Nutzenergie:	Nutzenergiebedarf Summe Bedarf Q_b	546895 kWh/a
(Referenzgebäude)	Nutzenergiebedarf Heizung $Q_{h,b} + Q_{vh,b}$	522872 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung $Q_{c,b} + Q_{vc,b} + Q_{m^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Warmwasser $Q_{w,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Beleuchtung $Q_{l,b}$	24023 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung statisch $Q_{h,b}$	522872 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Heizung Luftaufbereitung $Q_{vh,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung statisch $Q_{c,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Kühlung Luftaufbereitung $Q_{vc,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Heizregister $Q_{h^*,b}$	0 kWh/a
	Nutzenergiebedarf für RLT-Kühlregister $Q_{c^*,b}$	0 kWh/a
	spezifischer Transmissionswärmeverlust Ref. H_T':	0,548 W/(m²K)
	CO_2-Emission Referenzgebäude:	0 kg/a
Ökonomie:	Kapitalzinssatz	0,00 %

kalkulatorischer Zinssatz	0,00 %
allg. Preissteigerungsrate Energie	0,0 %
Preissteigerungsrate Technik	0,0 %
Preissteigerungsrate Wartung	0,0 %
Eigenkapital	0 €
Nutzungsdauer der Gesamtmassnahme	0 a
Nutzungsdauer der Anlagentechnik	0 a
Kreditlaufzeit	0 a
Annuitätsfaktor Investitionen	0,000
Annuitätsfaktor Eigenkapital	0,000
allg. Mittelwertfaktor Energie	0,00
Mittelwertfaktor Wartung	0,00
Reinvestitionsfaktor Technik	1,00
Investitionskosten	0 €
Wartungskosten ohne Mittelwertfaktor	0 €
Annuität	0 €/a
Einsparung Energiekosten	0 €/a
Ammortisationsdauer	0 a

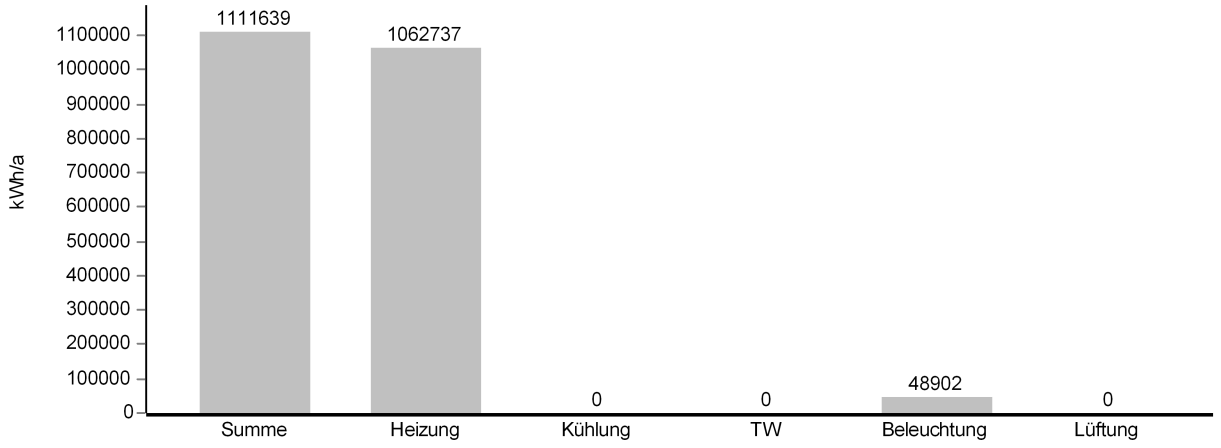
Primärenergiebedarf

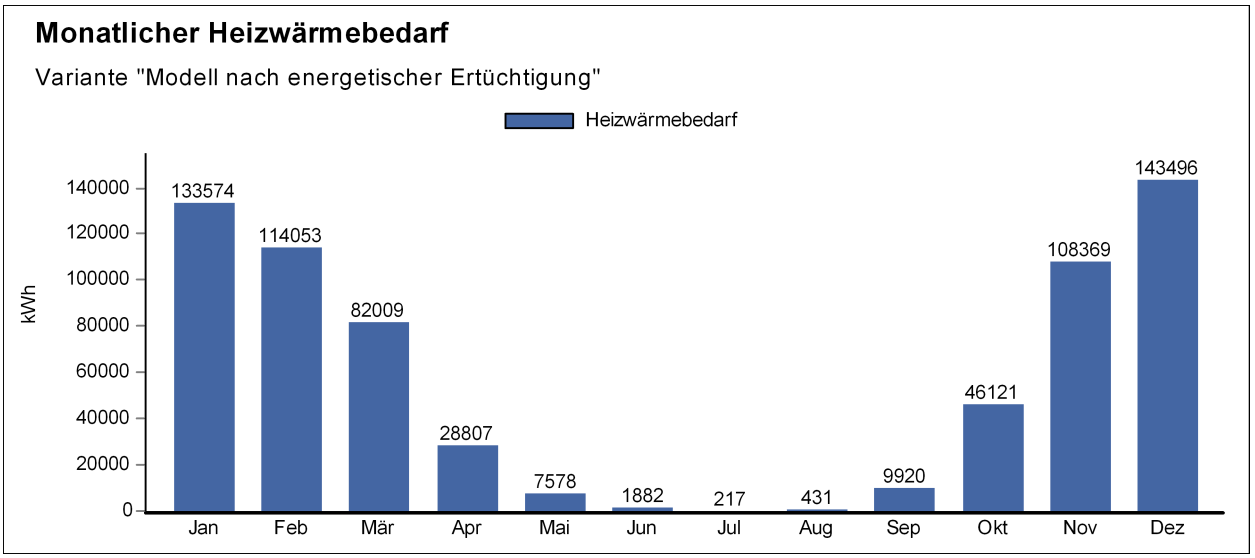
Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"

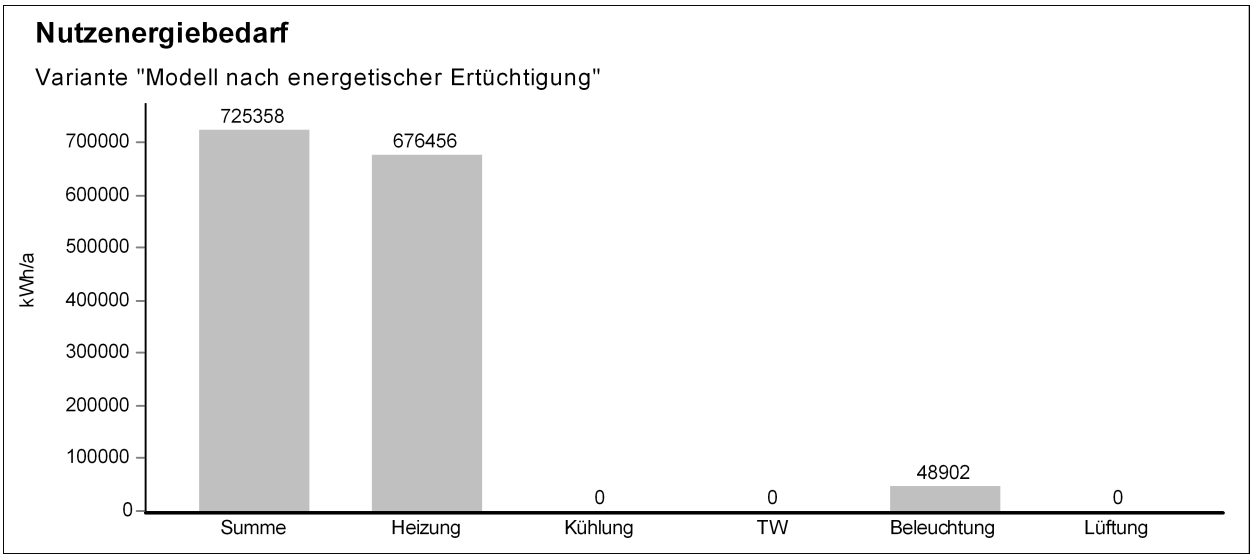


Endenergiebedarf

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"





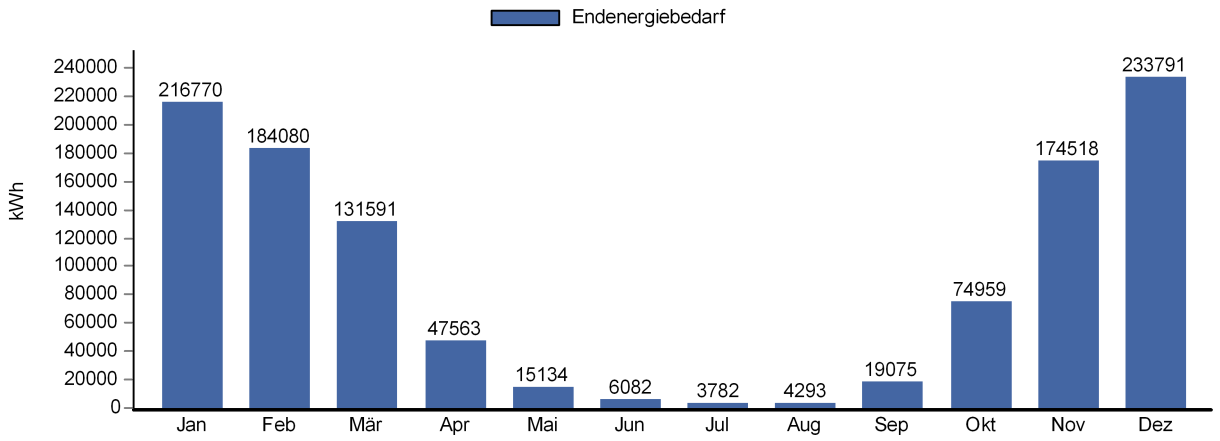


Monatlicher End- und Primärenergiebedarf

	Energie-bedarf [kWh/a]	Primär-energie-bedarf [kWh/a]
Januar	216770	219171
Februar	184080	185923
März	131591	133830
April	47563	50071
Mai	15134	17820
Juni	6082	8675
Juli	3782	6546
August	4293	7208
September	19075	22088
Oktober	74959	78084
November	174518	177259
Dezember	233791	236793
Summe	1111639	1143469

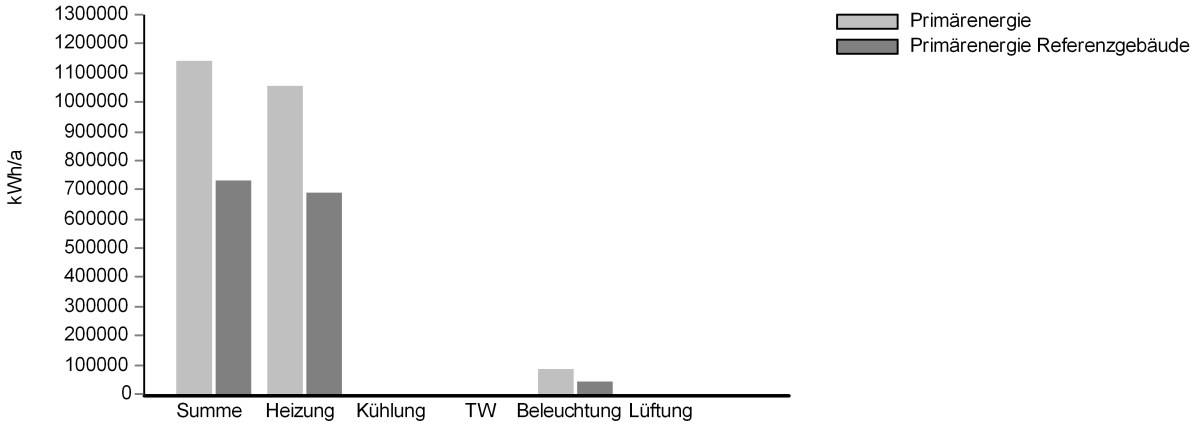
Endenergiebedarf

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"



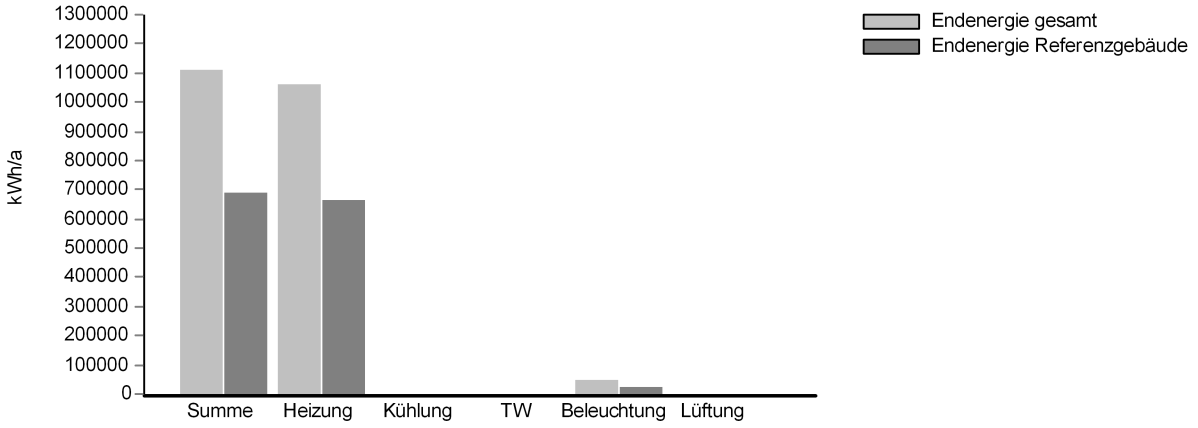
Primärenergiebedarf im Vergleich zum Referenzgebäude

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"



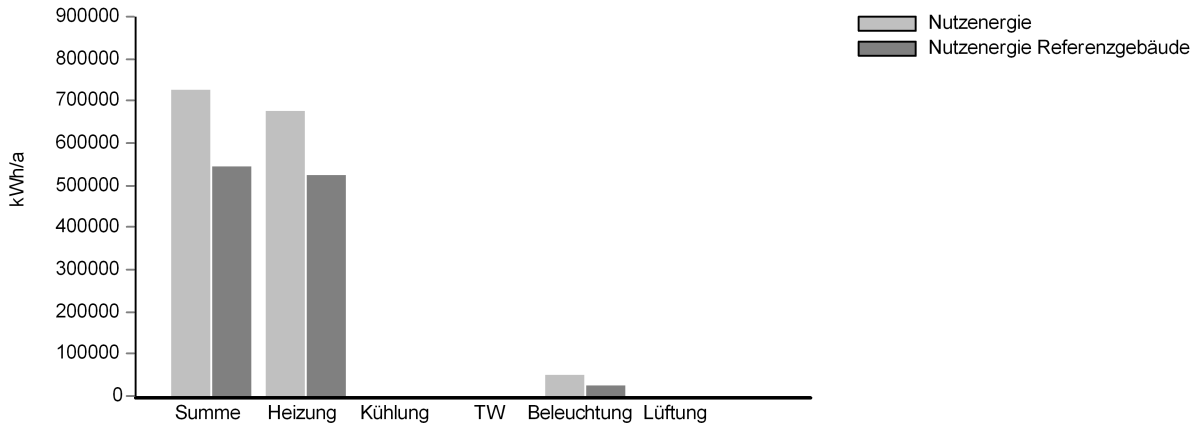
Endenergie im Vergleich zum Referenzgebäude

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"



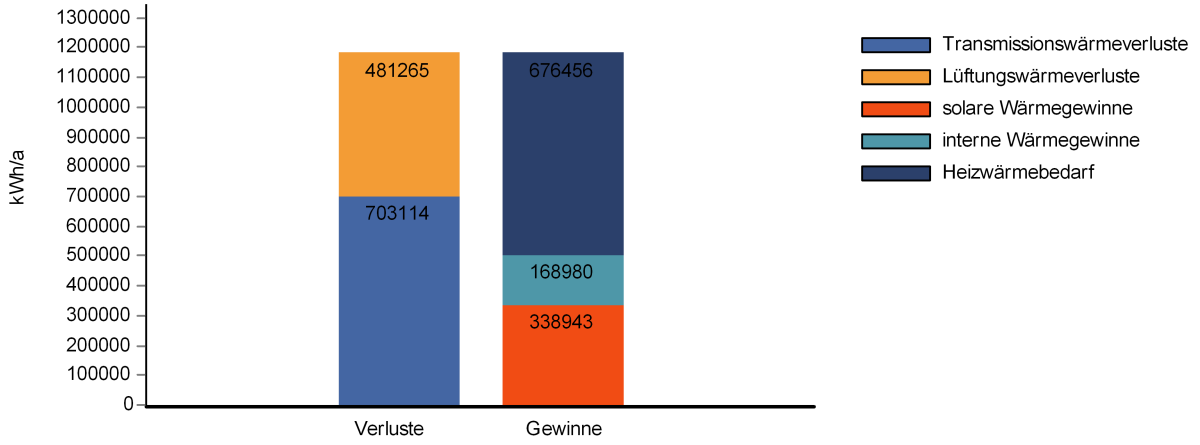
Nutzenergie im Vergleich zum Referenzgebäude

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"



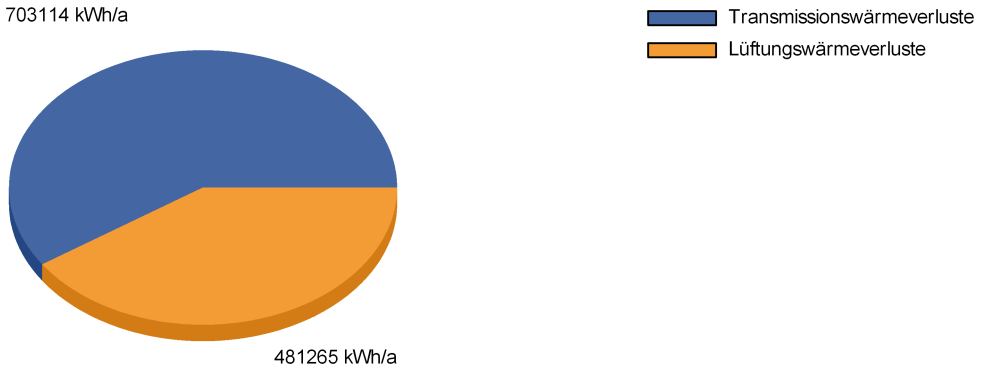
Wärmebilanz des Gebäudes

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"



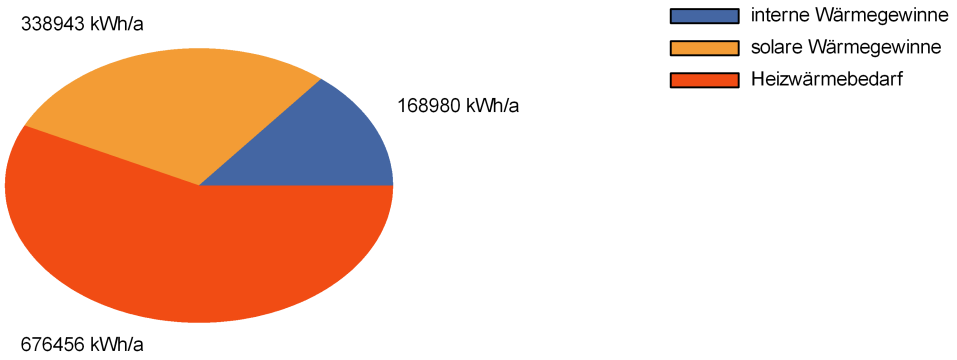
Aufteilung der Verluste

Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"



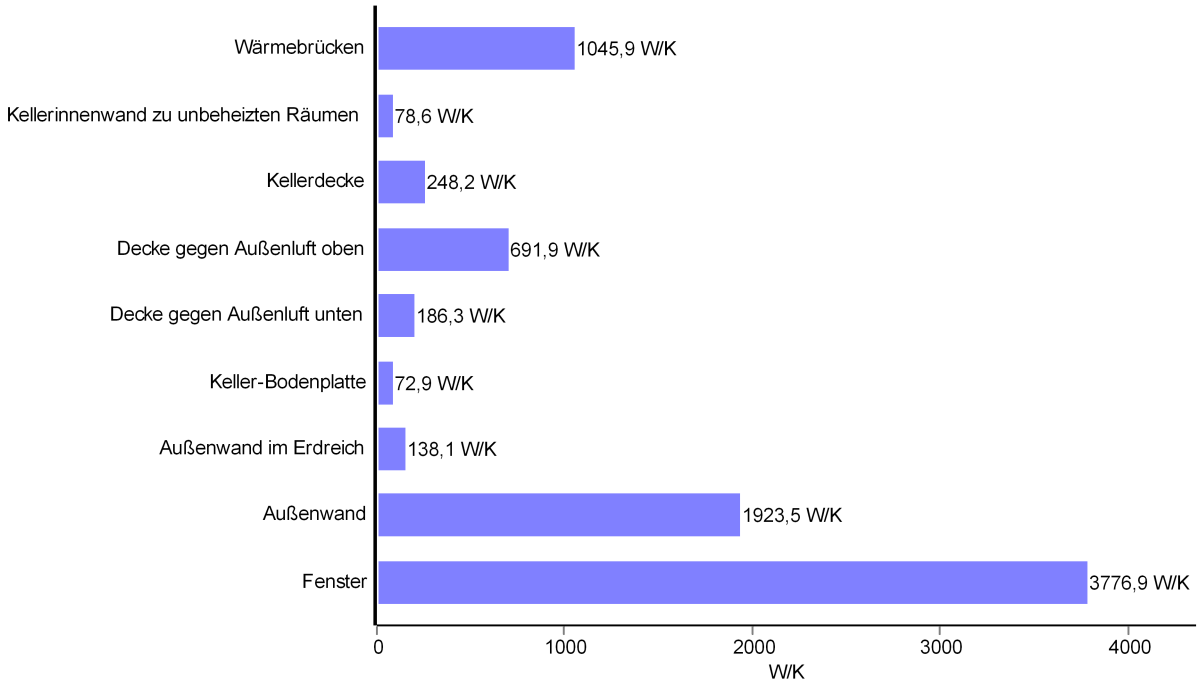
Aufteilung der Gewinne

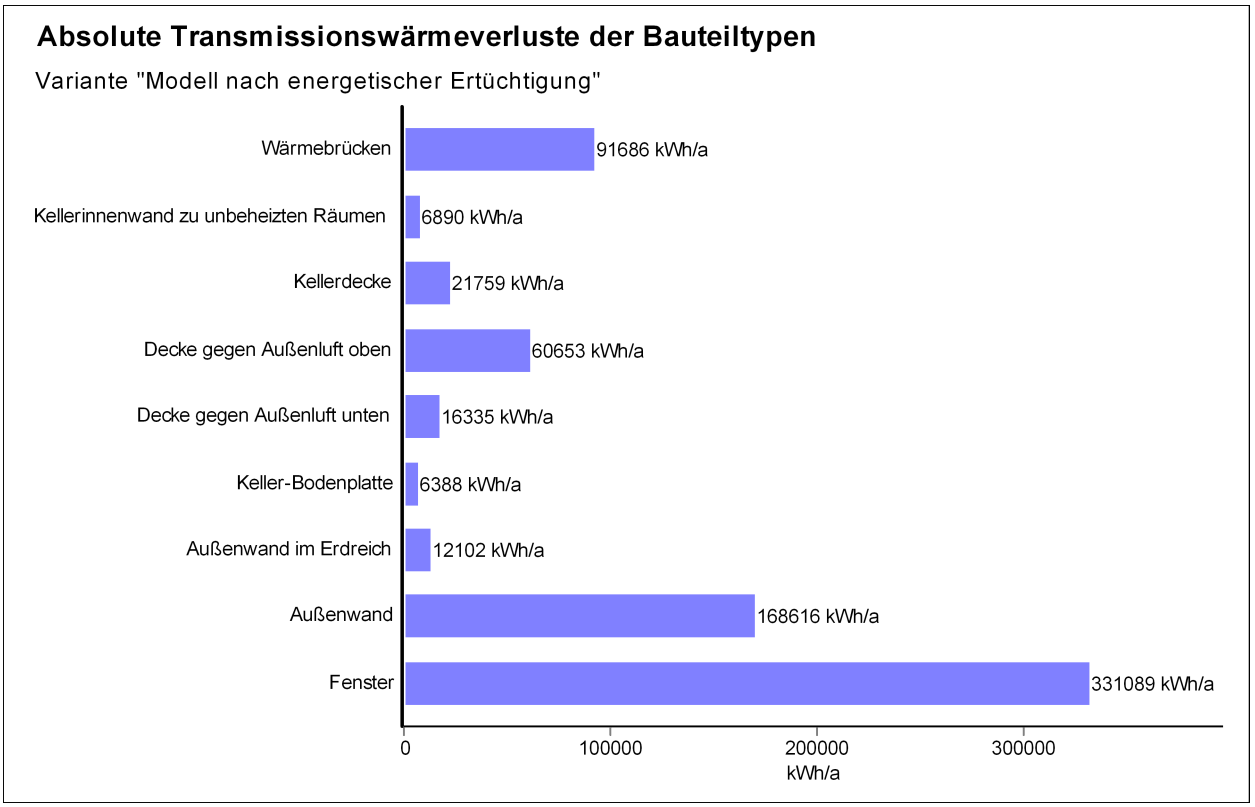
Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"

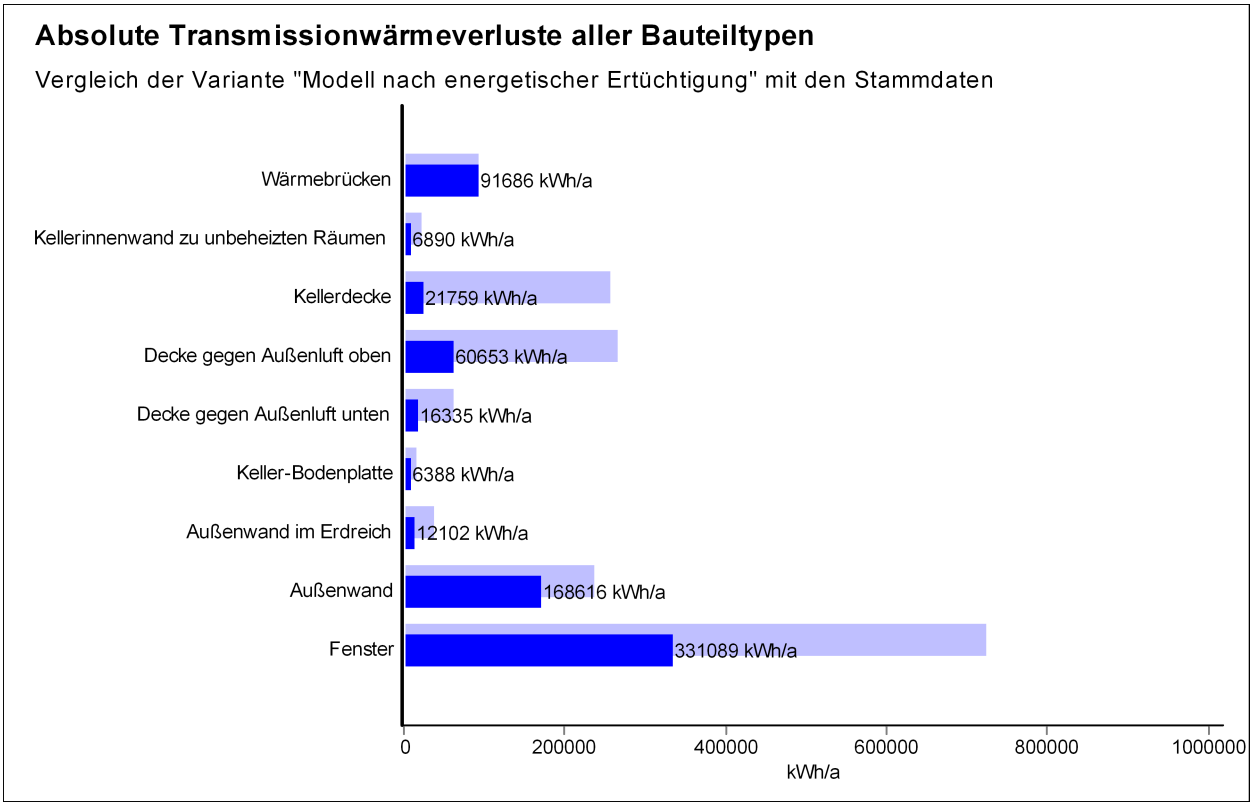


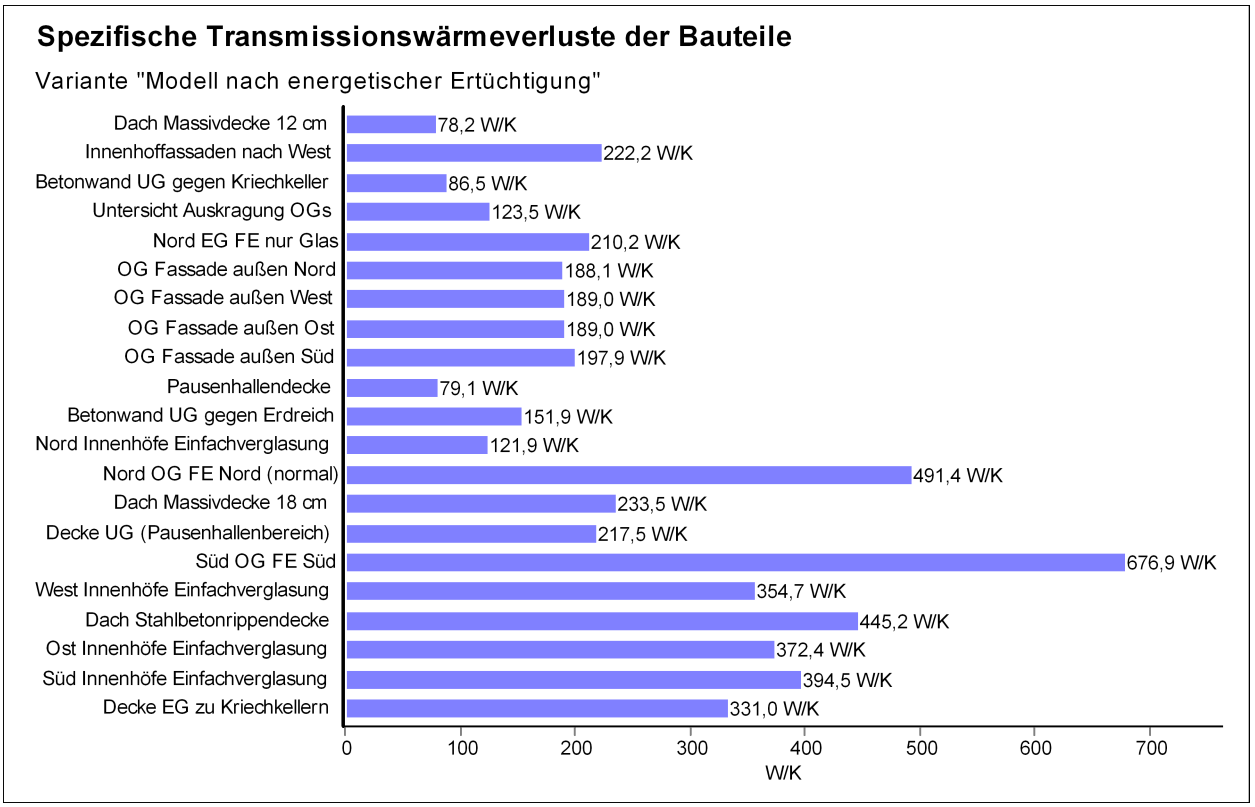
Spezifische Transmissionswärmeverluste der Bauteiltypen

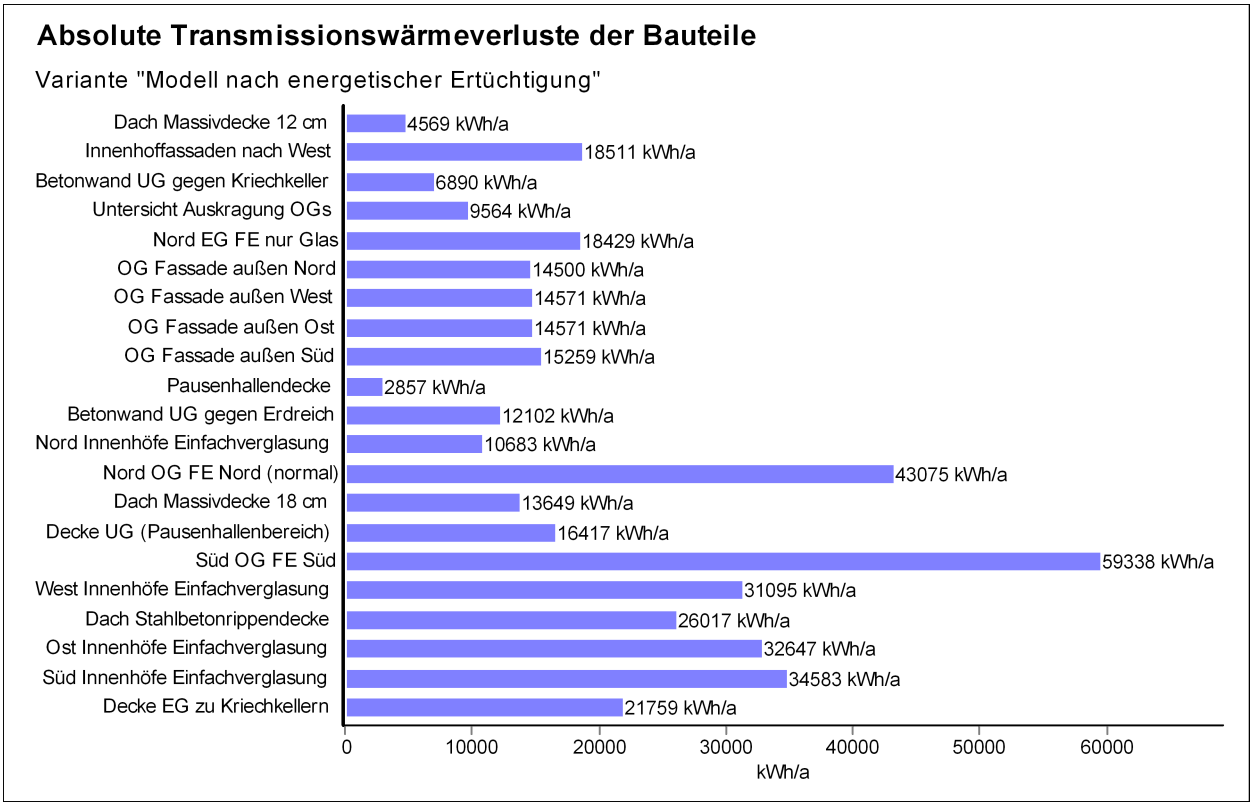
Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"

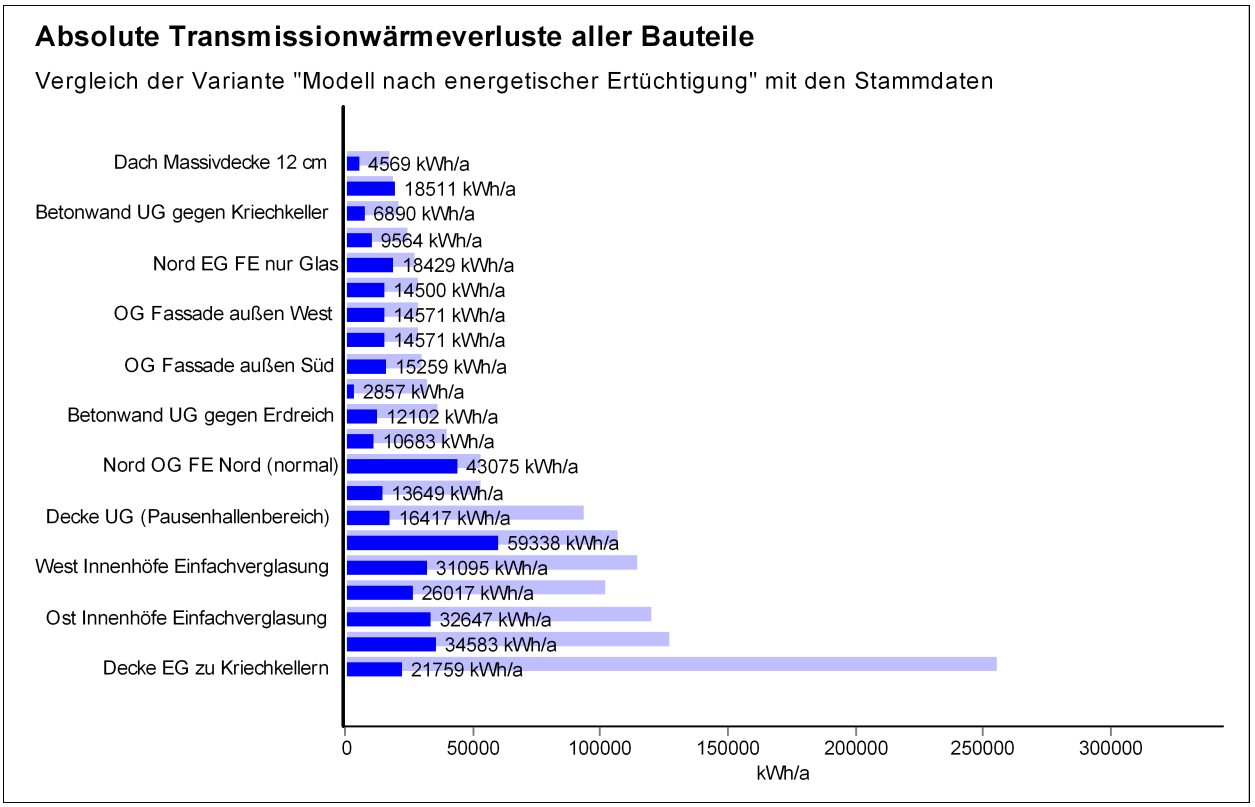



Absolute Transmissionswärmeverluste der Bauteiltypen
Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"
Wärmebrücken
91686 kWh/a
Kellerinnenwand zu unbeheizten Räumen
6890 kWh/a
Kellerdecke
21759 kWh/a
Decke gegen Außenluft oben
60653 kWh/a
Decke gegen Außenluft unten
16335 kWh/a
Keller-Bodenplatte
6388 kWh/a
Außenwand im Erdreich
12102 kWh/a
Außenwand
168616 kWh/a
Fenster
331089 kWh/a
0
100000
200000
300000
kWh/a


Absolute Transmissionwärmeverluste aller Bauteiltypen
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
Wärmebrücken
91686 kWh/a
Kellerinnenwand zu unbeheizten Räumen
6890 kWh/a
Kellerdecke
21759 kWh/a
Decke gegen Außenluft oben
60653 kWh/a
Decke gegen Außenluft unten
16335 kWh/a
Keller-Bodenplatte
6388 kWh/a
Außenwand im Erdreich
12102 kWh/a
Außenwand
168616 kWh/a
Fenster
331089 kWh/a
0
200000
400000
600000
800000
1000000
kWh/a


Spezifische Transmissionswärmeverluste der Bauteile
Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"
Dach Massivdecke 12 cm 78,2 W/K
Innenhoffassaden nach West 222,2 W/K
Betonwand UG gegen Kriechkeller 86,5 W/K
Untersicht Auskragung OGs 123,5 W/K
Nord EG FE nur Glas 210,2 W/K
OG Fassade außen Nord 188,1 W/K
OG Fassade außen West 189,0 W/K
OG Fassade außen Ost 189,0 W/K
OG Fassade außen Süd 197,9 W/K
Pausenhallendecke 79,1 W/K
Betonwand UG gegen Erdreich 151,9 W/K
Nord Innenhöfe Einfachverglasung 121,9 W/K
Nord OG FE Nord (normal) 491,4 W/K
Dach Massivdecke 18 cm 233,5 W/K
Decke UG (Pausenhallenbereich) 217,5 W/K
Süd OG FE Süd 676,9 W/K
West Innenhöfe Einfachverglasung 354,7 W/K
Dach Stahlbetonrippendecke 445,2 W/K
Ost Innenhöfe Einfachverglasung 372,4 W/K
Süd Innenhöfe Einfachverglasung 394,5 W/K
Decke EG zu Kriechkellern 331,0 W/K
0
100
200
300
400
500
600
700
W/K


Absolute Transmissionswärmeverluste der Bauteile
Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung"
Dach Massivdecke 12 cm 4569 kWh/a
Innenhoffassaden nach West 18511 kWh/a
Betonwand UG gegen Kriechkeller 6890 kWh/a
Untersicht Auskragung OGs 9564 kWh/a
Nord EG FE nur Glas 18429 kWh/a
OG Fassade außen Nord 14500 kWh/a
OG Fassade außen West 14571 kWh/a
OG Fassade außen Ost 14571 kWh/a
OG Fassade außen Süd 15259 kWh/a
Pausenhallendecke 2857 kWh/a
Betonwand UG gegen Erdreich 12102 kWh/a
Nord Innenhöfe Einfachverglasung 10683 kWh/a
Nord OG FE Nord (normal) 43075 kWh/a
Dach Massivdecke 18 cm 13649 kWh/a
Decke UG (Pausenhallenbereich) 16417 kWh/a
Süd OG FE Süd 59338 kWh/a
West Innenhöfe Einfachverglasung 31095 kWh/a
Dach Stahlbetonrippendecke 26017 kWh/a
Ost Innenhöfe Einfachverglasung 32647 kWh/a
Süd Innenhöfe Einfachverglasung 34583 kWh/a
Decke EG zu Kriechkellern 21759 kWh/a
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
kWh/a


Absolute Transmissionwärmeverluste aller Bauteile
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
Dach Massivdecke 12 cm
4569 kWh/a
18511 kWh/a
Betonwand UG gegen Kriechkeller
6890 kWh/a
9564 kWh/a
Nord EG FE nur Glas
18429 kWh/a
14500 kWh/a
OG Fassade außen West
14571 kWh/a
14571 kWh/a
OG Fassade außen Süd
15259 kWh/a
2857 kWh/a
Betonwand UG gegen Erdreich
12102 kWh/a
10683 kWh/a
Nord OG FE Nord (normal)
43075 kWh/a
13649 kWh/a
Decke UG (Pausenhallenbereich)
16417 kWh/a
59338 kWh/a
West Innenhöfe Einfachverglasung
31095 kWh/a
26017 kWh/a
Ost Innenhöfe Einfachverglasung
32647 kWh/a
34583 kWh/a
Decke EG zu Kriechkellern
21759 kWh/a
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
kWh/a

Änderung der U-Werte von Bauteilen gegenüber dem Bestand

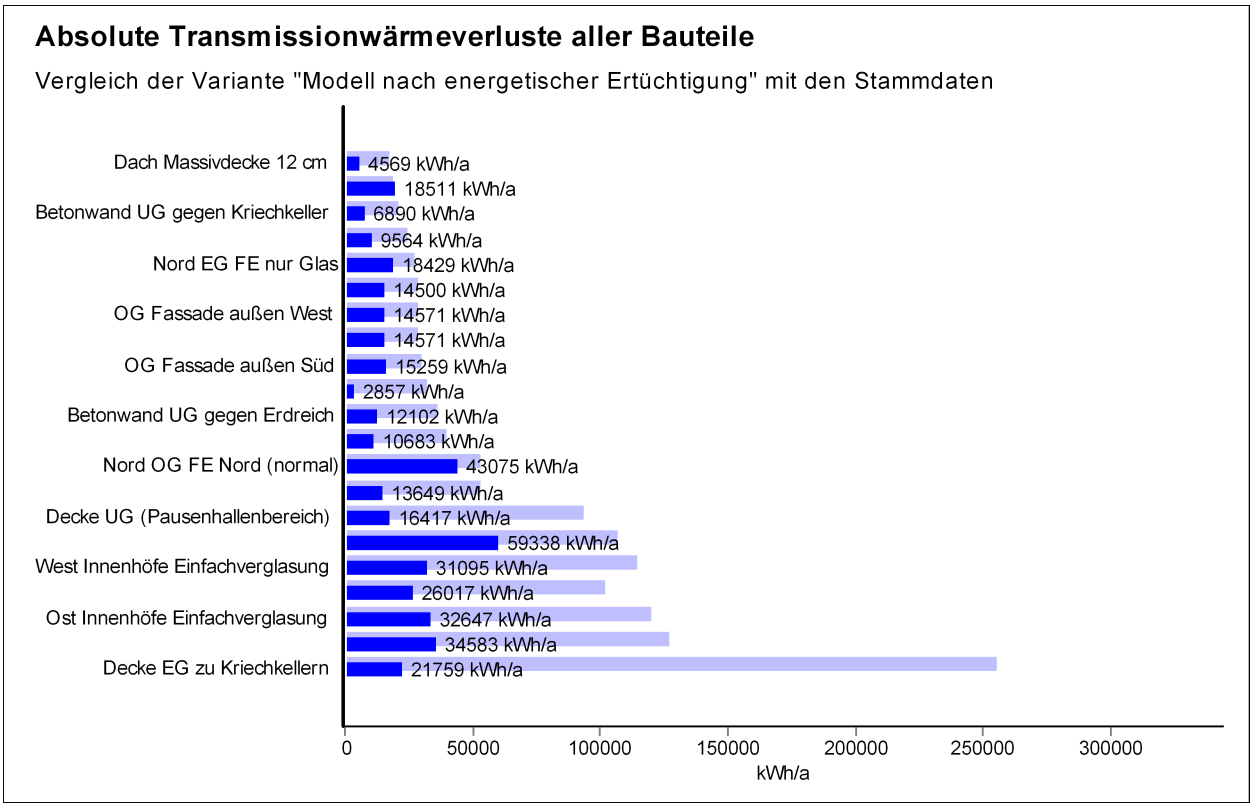
Maßnahme "Modell nach energetischer Ertüchtigung"

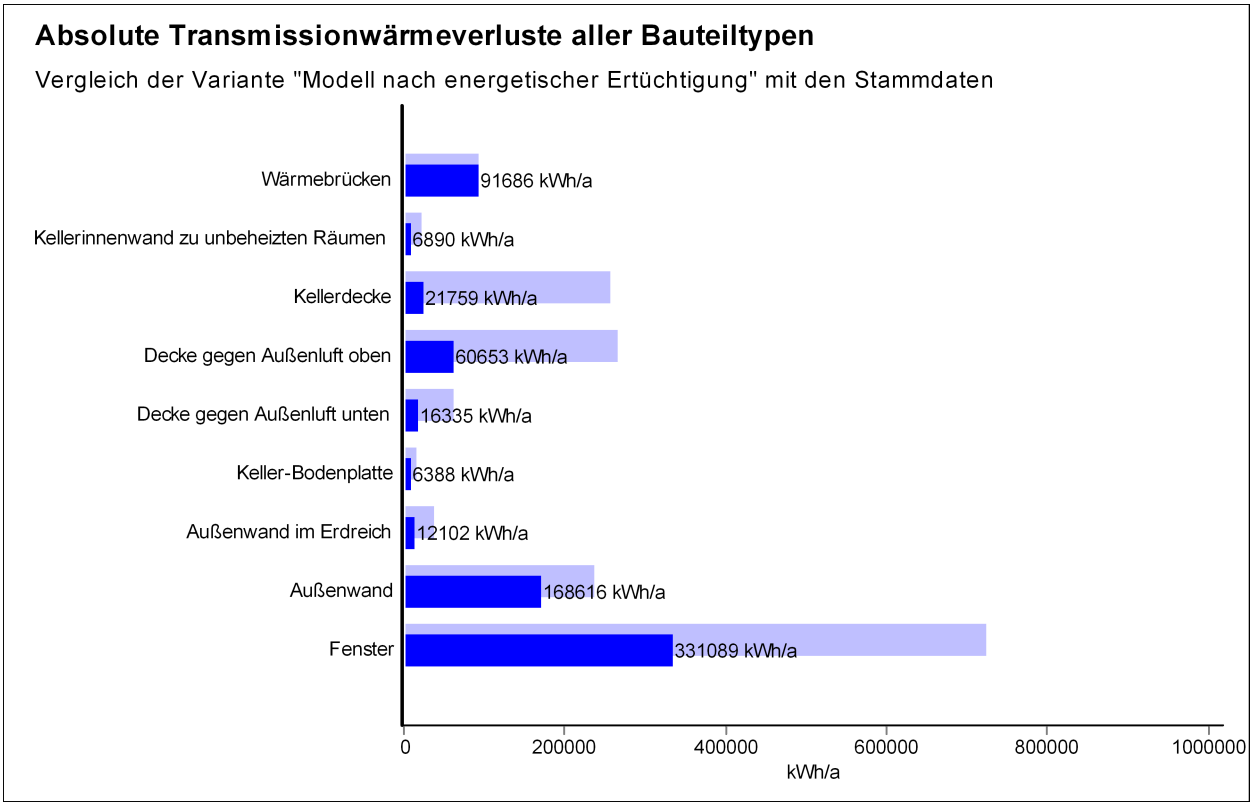
	U-Wert Bestand [W/(m²K)]	U-Wert Variante [W/(m²K)]
Betonwand UG gegen Erdreich	2,98	1,00
Betonwand UG gegen Kriechkeller	2,98	1,00
Bodenplatte UG 40 cm	1,03	0,29
Bodenplatte UG 45 cm	1,01	0,29
Dach Massivdecke 12 cm	0,75	0,20
Dach Massivdecke 18 cm	0,77	0,20
Dach Stahlbetonrippendecke	0,78	0,20
Decke EG zu Kriechkellern	3,53	0,30
Decke UG (Pausenhallenbereich)	3,53	0,62
EG Fassade außen Ost	1,91	0,76
EG Fassade außen West	1,91	0,76
Flanken Kragzimmer nach Ost	1,91	0,76
Flanken Kragzimmer nach West	1,91	0,76
OG Fassade außen Nord	1,40	0,73
OG Fassade außen Ost	1,40	0,73
OG Fassade außen Süd	1,40	0,73
OG Fassade außen West	1,40	0,73
Pausenhallendecke	0,78	0,07
Untersicht Auskragung OGs	1,91	0,76
Untersicht Kragzimmer	0,60	0,24

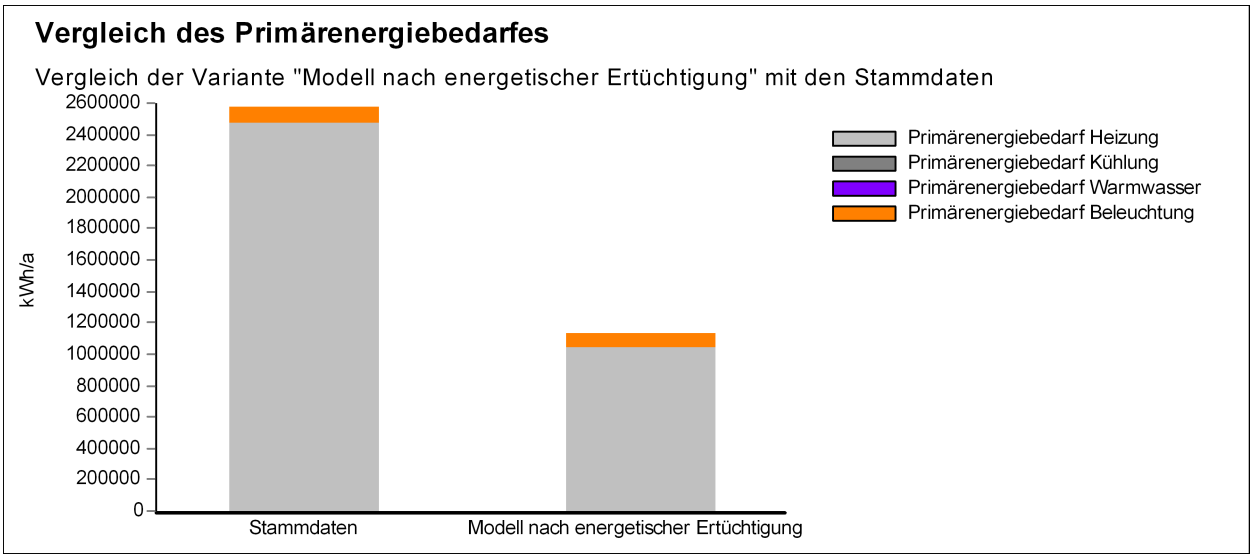
Änderung der U-Werte von Fenstern gegenüber dem Bestand

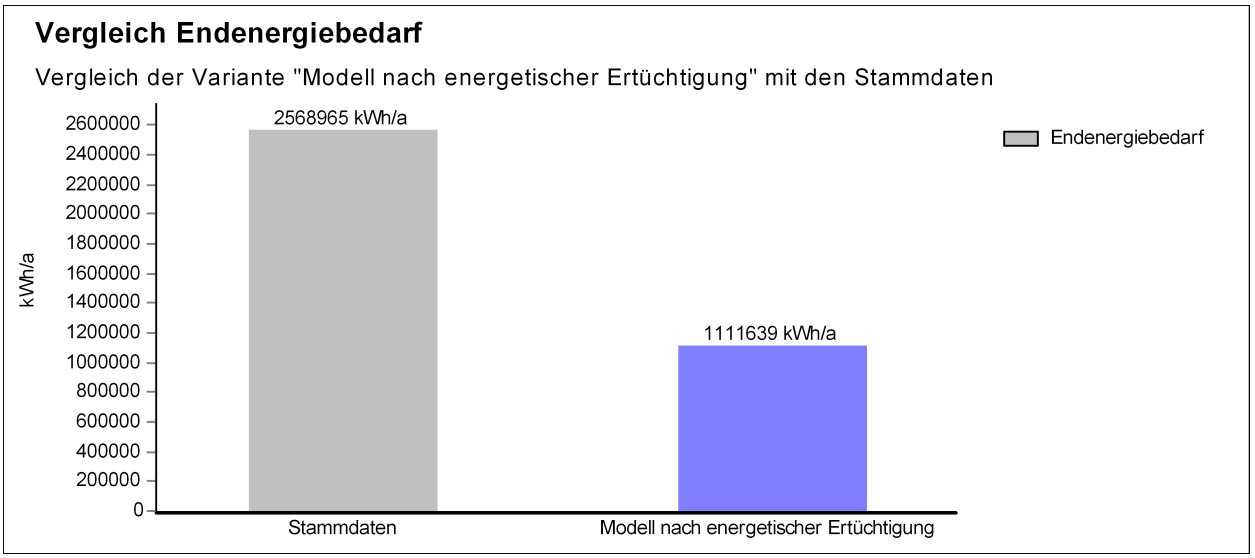
Maßnahme "Modell nach energetischer Ertüchtigung"

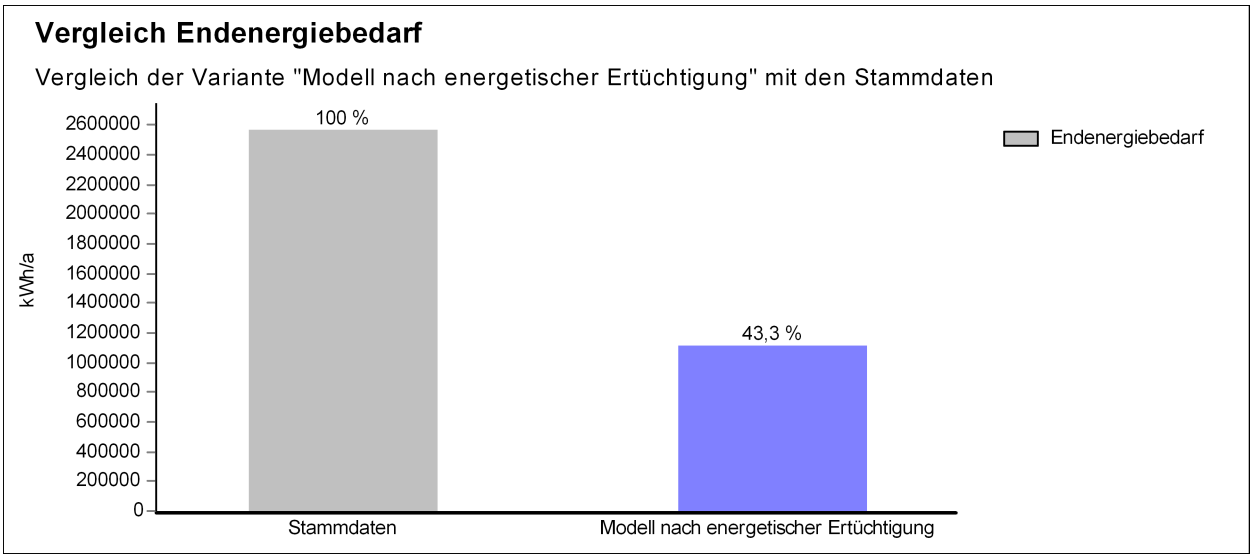
	U-Wert Bestand [W/(m²K)]	U-Wert Variante [W/(m²K)]
Nord EG FE nur Glas	2,00	1,40
Nord EG FE nur Glas (mittlerer Baukörper)	2,00	1,40
Nord Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	1,50
Nord Innenhöfe Oberlichter	2,30	1,90
Nord OG FE Nord (Bereich auskragende Zimmer)	1,70	1,40
Nord OG FE Nord (normal)	1,70	1,40
Nord Überdach-Oberlichter	2,30	1,90
Ost EG FE mit Brüstungspaneel	1,80	1,40
Ost Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	1,50
Ost Innenhöfe Hausmeisterfenster	2,70	2,30
Ost OG FE Kleine Fenster	2,70	2,30
Ost OG FE Ost & West	1,70	1,30
Ost Überdach-Oberlichter	2,30	1,90
Süd EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)	5,50	1,50
Süd EG FE mit Brüstungselementen	1,80	1,40
Süd EG FE Oberlichter (Toiletten)	2,30	1,90
Süd Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	1,50
Süd Innenhöfe Oberlichter	2,30	1,90
Süd OG FE Süd	2,70	1,50
Süd Überdach-Oberlichter	2,30	1,90
West EG FE Einfachverglasung (Eingangstüre)	5,50	1,50
West EG FE mit Brüstungspaneel	1,80	1,40
West Innenhöfe Einfachverglasung	5,50	1,50
West OG FE Kleine Fenster	2,70	2,30
West OG FE Ost & West	1,70	1,30
West Überdach-Oberlichter	2,30	1,90

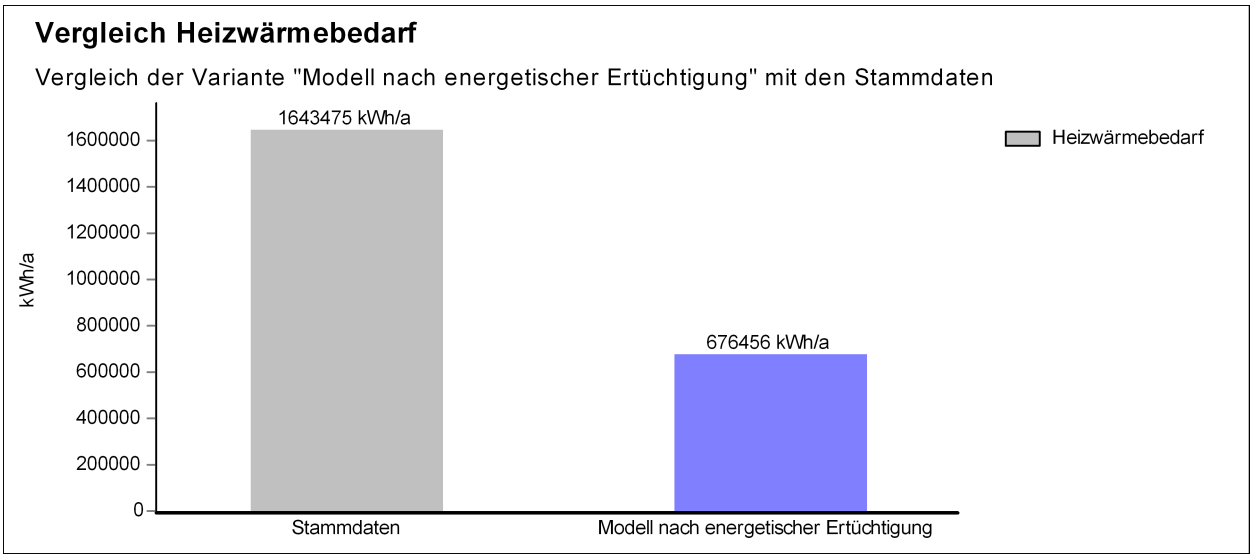

Absolute Transmissionwärmeverluste aller Bauteile
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
Dach Massivdecke 12 cm
4569 kWh/a
18511 kWh/a
Betonwand UG gegen Kriechkeller
6890 kWh/a
9564 kWh/a
Nord EG FE nur Glas
18429 kWh/a
14500 kWh/a
OG Fassade außen West
14571 kWh/a
14571 kWh/a
OG Fassade außen Süd
15259 kWh/a
2857 kWh/a
Betonwand UG gegen Erdreich
12102 kWh/a
10683 kWh/a
Nord OG FE Nord (normal)
43075 kWh/a
13649 kWh/a
Decke UG (Pausenhallenbereich)
16417 kWh/a
59338 kWh/a
West Innenhöfe Einfachverglasung
31095 kWh/a
26017 kWh/a
Ost Innenhöfe Einfachverglasung
32647 kWh/a
34583 kWh/a
Decke EG zu Kriechkellern
21759 kWh/a
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
kWh/a

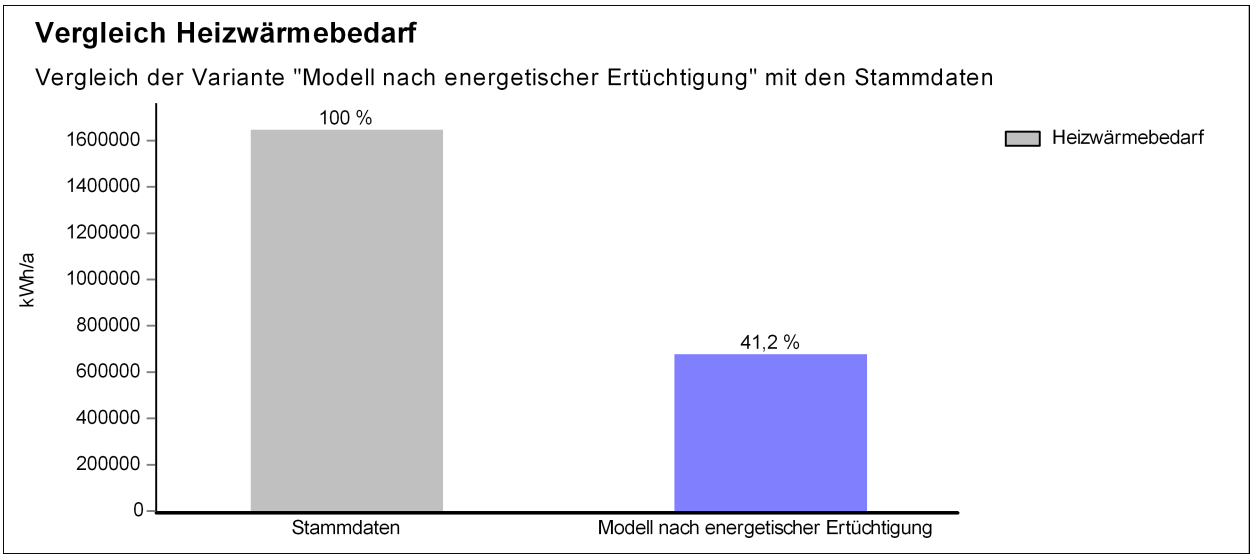

Absolute Transmissionwärmeverluste aller Bauteiltypen
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
Wärmebrücken
91686 kWh/a
Kellerinnenwand zu unbeheizten Räumen
6890 kWh/a
Kellerdecke
21759 kWh/a
Decke gegen Außenluft oben
60653 kWh/a
Decke gegen Außenluft unten
16335 kWh/a
Keller-Bodenplatte
6388 kWh/a
Außenwand im Erdreich
12102 kWh/a
Außenwand
168616 kWh/a
Fenster
331089 kWh/a
0
200000
400000
600000
800000
1000000
kWh/a

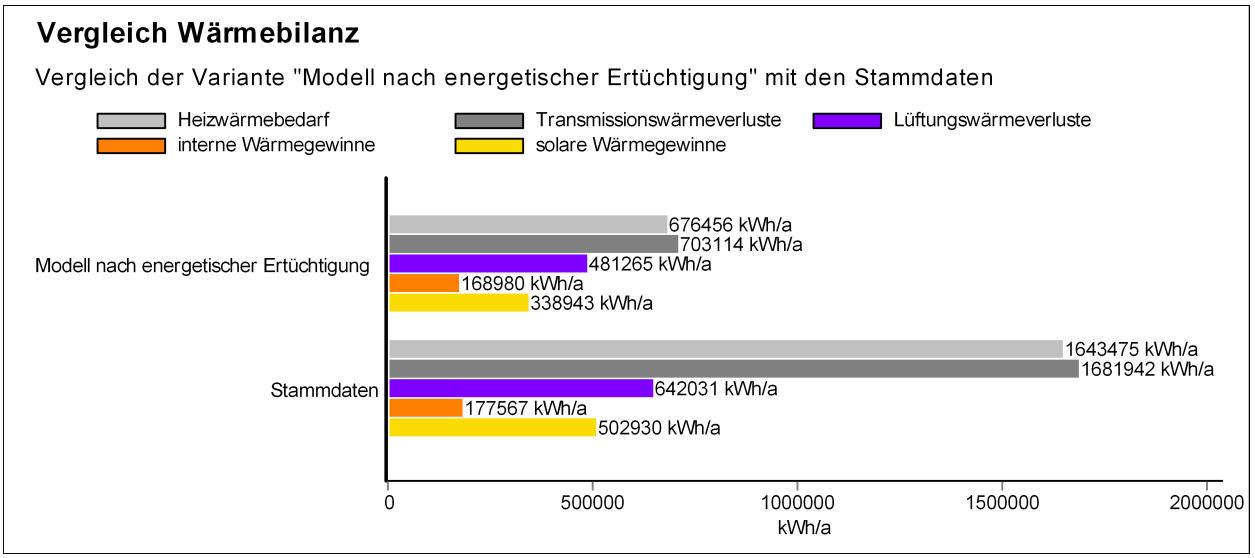

Vergleich des Primärenergiebedarfes
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
kWh/a
2600000
2400000
2200000
2000000
1800000
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
0
Stammdaten
Modell nach energetischer Ertüchtigung
Primärenergiebedarf Heizung
Primärenergiebedarf Kühlung
Primärenergiebedarf Warmwasser
Primärenergiebedarf Beleuchtung


Vergleich Endenergiebedarf
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
kWh/a
2568965 kWh/a
1111639 kWh/a
Stammdaten
Modell nach energetischer Ertüchtigung
Endenergiebedarf


Vergleich Endenergiebedarf
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
kWh/a
100 %
43,3 %
Stammdaten
Modell nach energetischer Ertüchtigung
Endenergiebedarf

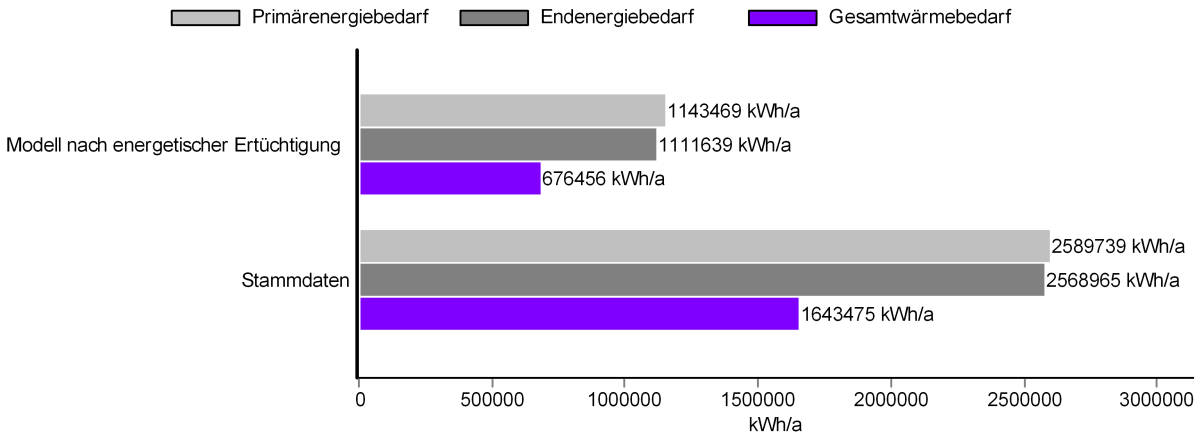

Vergleich Heizwärmebedarf
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
1643475 kWh/a
676456 kWh/a
Heizwärmebedarf
kWh/a
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
0
Stammdaten
Modell nach energetischer Ertüchtigung


Vergleich Heizwärmebedarf
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
100 %
41,2 %
Heizwärmebedarf
kWh/a
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
0
Stammdaten
Modell nach energetischer Ertüchtigung


Vergleich Wärmebilanz
Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten
Heizwärmebedarf
Transmissionswärmeverluste
Lüftungswärmeverluste
interne Wärmegewinne
solare Wärmegewinne
Modell nach energetischer Ertüchtigung
676456 kWh/a
703114 kWh/a
481265 kWh/a
168980 kWh/a
338943 kWh/a
Stammdaten
1643475 kWh/a
1681942 kWh/a
642031 kWh/a
177567 kWh/a
502930 kWh/a
0
500000
1000000
1500000
2000000
kWh/a

Vergleich Energiebilanz

Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten



Vergleich Aufteilung der Verluste

Vergleich der Variante "Modell nach energetischer Ertüchtigung" mit den Stammdaten